Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. Siegfried Weller

MORPHOLOGISCHE VERÄNDERUNGEN IM RÖNTGENBILD AN FRAKTURIERTEN WIRBELKÖRPERN DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE MIT UND OHNE QUERSCHNITTSLÄHMUNG

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HANS - HEINRICH PAHL
aus Hameln

1978

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Direktor: Professor Dr. Siegfried Weller

MORPHOLOGISCHE VERÄNDERUNGEN IM RÖNTGENBILD AN FRAKTURIERTEN WIRBELKÖRPERN DER BRUST- UND LENDENWIRBELSÄULE MIT UND OHNE QUERSCHNITTSLÄHMUNG

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard–Karls–Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HANS - HEINRICH PAHL
aus Hameln

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. H.-E. Hoffmeister
Berichterstatter:	Professor Dr. S. Weller
	(Professor Dr. H. Mau)

FOTO - SCHNELLDRUCK Hans - Joachim Köhler - 74 TÜBINGEN - Neue Strasse 11

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Morphologische Veränderungen im Röntgenbild an frakturierten Wirbelkörpern der Brust- und Lendenwirbelsäule mit und ohne Querschnittslähmung

Inhaltsübersicht

	Seite
1. Einleitung	3
2. Die gesunde Wirbelsäule	5
2.1. Entwicklungsgeschichte	5
2.2. Anatomie und Histologie	6
2.3. Funktion der Wirbelsäule	8
3. Die Entstehung von morphologischen Veränderungen des Wirbelkörpers durch Frakturen und ihre Ausheilung (Literaturübersicht)	11
3.1. Experimentelle Arbeiten	11
3.2. Einteilung der Frakturen	13
3.3. Entstehung der Frakturen	16
3.4. Ausheilung der Frakturen	18
3.5. Die Beurteilung der frischen Wirbelfraktur	21
3.6. Die Behandlung der Wirbelfrakturen	22
3.7. Die Heilung der Wirbelfrakturen bei Kindern und Jugendlichen	25
4. Eigene Untersuchungen	26
4.1. Methodik	26
4.1.1. Patientengut	26
4.1.2. Erhebung der Daten	27

	Seite
4.1.3. Verarbeitung der Daten für die EDV-Auswertung	36
4.1.4. Programm zur EDV-Auswertung	49
4.2. Ergebnisse	55
4.2.1. Vorbemerkung	55
4.2.2. Darstellung des Gesamtbestandes entsprechend 4.1.4.1.	55
4.2.3. Vergleich des Gesamtbestandes mit ausgewählten Teilbeständen entsprechend 4.1.4.2.	72
4.2.4. Darstellung der Gegenüberstellungen entsprechend 4.1.4.3. - 4.1.4.7.	76
5. Diskussion der dargestellten Ergebnisse	111
5.1. Zur Darstellung des Gesamtbestandes	111
5.2. Zum Vergleich des Gesamtbestandes mit ausgewählten Teilbeständen und zu den dargestellten Gegenüberstellungen	113
6. Zusammenfassung	121
7. Literaturverzeichnis	123

1. Einleitung

In der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen werden Patienten mit Wirbelfrakturen einer streng konservativen Behandlung unterzogen. Bei Patienten, bei denen keine neurologischen Begleiterscheinungen auftreten, folgt die Therapie im wesentlichen den Regeln, die Magnus (89-93), Bürkle de la Camp (22, 23) und andere vertreten. Bei Patienten mit neurologischen Begleiterscheinungen werden die Regeln Guttmanns (50-53) geringfügig modifiziert angewandt. Diese Verfahren werden der "funktionellen Wirbelbruchbehandlung" zugeordnet.

Die "funktionelle Behandlung" der Wirbelfrakturen ist ein noch immer umstrittenes Verfahren. Durch hyperlordosierte Lagerung und gezielte Kräftigung der Rücken- und Bauchmuskulatur soll die uneingeschränkte Funktion der Wirbelsäule auch dann wiederhergestellt werden, wenn die anatomische Rekonstruktion des Wirbelkörpers nicht oder nur bedingt möglich ist. Die Muskulatur übernimmt hierbei die Funktion eines "Korsetts" und ermöglicht eine ausreichende Stabilisierung des verletzten Wirbelsäulenabschnitts. Zudem kann sie nach Abschluß der Behandlung mögliche anatomische Fehlstellungen kompensieren und damit den funktionellen Behandlungserfolg sichern.

Geht die Verletzung der Wirbelsäule mit einer Verletzung des Rückenmarks einher, begrenzen die aufgetretenen neu-

rologischen Erscheinungen naturgemäß die Trainierbarkeit der Muskulatur und damit deren Korsettfunktion. In diesen Fällen wird demzufolge eine muskuläre Sicherung der Wirbelsäule fehlen.

Die vorliegende Arbeit soll, angeregt durch die Arbeiten von Plaue (120-129), versuchen, Zusammenhänge zu dokumentieren, die für das Entstehen der verschiedenen morphologischen Veränderungen am frakturierten Wirbel und ihre Behandlung Bedeutung besitzen könnten.

Spezieller Gegenstand der Untersuchungen ist der Wirbelkörper. Die Verletzungen des Rückenmarks und der übrigen Bestandteile des Bewegungssegments sowie deren Folgen sollen weitgehend unberücksichtigt bleiben.

2. Die gesunde Wirbelsäule

2.1. Entwicklungsgeschichte

Als Präformation für die Ausbildung des späteren Stützorgans entsteht die Rückensaite, Chorda dorsalis, die den Keimlingskörper der Länge nach durchzieht. Um sie herum bildet sich das axiale Mesenchym, welches die Anlage für die Wirbelsäule darstellt (Boeing-Bertolini, 17). Es ist gegliedert in Sklerotome, die zu einem einheitlichen bindegewebigen Schlauch zusammenfließen und die Chorda vollständig einschließen. Das ursprüngliche Sklerotom teilt sich, und es kommt zur funktionellen Segmentierung der Wirbelsäule (Liechti, 81). Zwischen den späteren Wirbelkörpern entstehen die primären Zwischenwirbelscheiben. Die Wirbelkörper bilden sich knorpelig um, und die Chorda dorsalis schwindet. Am Ende des vierten Embryonalmonats sind in allen Wirbelkörpern Knochenkerne angelegt. Die Verknöcherung des Wirbelkörpers erfolgt enchondral, die der Wirbelbögen perichondral. Etwa bis zum siebten Lebensjahr bleibt im Röntgenbild am Wirbelkörper eine Aussparung sichtbar, die knorpelige Randleiste, die den ganzen Wirbelkörperrand ringförmig umlagert. Sie verknöchert etwa bis zum zwölften Lebensjahr und verschmilzt vom vierzehnten/fünfzehnten Lebensjahr an mit dem Wirbelkörper (Junghanns, 68). Mit der aufrechten Körperhaltung bildet sich die charakteristische Gestalt der einzelnen Wirbelkörper (Nauck, 111).

Die Zwischenwirbelscheibe bildet sich ringförmig um die intervertebrale Chordaanschwellung (Schmorl/Junghanns, 159). Dabei ist die Architektur des Fasergewebes bereits beim Embryo mit einer Scheitel-Steiß-Länge von 12 - 15 mm in allen Grundzügen festgelegt (Töndury, 166).

Sie weist beim Neugeborenen drei Strukturen auf:

a) frühembryonaler Annulus fibrosus
b) spätembryonaler Faservorknorpel
c) in Bildung begriffener Nucleus pulposus aus zentralem Hyalinknorpel und Chordaresten (Prader, 131).

Bevor es zur funktionellen Belastung kommt, ist das Gewebe bereits funktionell ausgerichtet. Die Differenzierung der Gewebe nimmt von außen nach innen und von ventral nach dorsal ab (Prader, 131). Eine normale Bandscheibe entsteht nur, wo eine normal gelagerte Chorda vorhanden ist, die sich ungestört umbilden kann (Töndury, 166). In den ersten Lebensjahren entstehen so die vier bleibenden Bestandteile jeder Zwischenwirbelscheibe: Gallertkern und Faserring, sowie die beiden, zum Wirbelkörper gehörenden Knorpelplatten, die den angrenzenden Wirbelkörpern oben und unten aufliegen (Schmorl/Junghanns, 159).

2.2. Anatomie und Histologie

Die Brustwirbelsäule des Erwachsenen besteht in der Regel aus zwölf, die Lendenwirbelsäule aus fünf Wirbeln, die sich im einzelnen aus dem Wirbelkörper, dem Wirbelbogen und den vom Bogen abgehenden Fortsätzen zusammensetzen. Wirbelkörper und Wirbelbogen umschließen das Wirbelloch. Der Wirbelkörper ist ein niedrig-zylindrisches Knochenstück, das aus einer dünnen äußeren Kompaktalamelle und innen aus Spongiosa besteht, die mit rotem Knochenmark ausgefüllt ist. Er hat zwei ebene Endflächen, die der Anheftung der Zwischenwirbelscheiben dienen (Voss/Herrlinger, 172). Die Randleiste umschließt die Endflächen der Wirbelkörper, die man auch als Grund- und Deckplatten bezeichnet. Die anteriore Höhe der Wirbelkörper bei Europäern beträgt im Durchschnitt für:

Tabelle 1

WK	mm (Martin/Sailer, 96)	mm (Jacobi, 64)
D 1	15,2	13,7 - 16,2
D 2	17,0	14,9 - 17,6
D 3	1,78	15,4 - 18,1
D 4	18,4	15,9 - 18,9
D 5	18,8	16,2 - 19,2
D 6	19,0	16,7 - 19,8
D 7	19,5	16,4 - 20,4
D 8	21,1	16,9 - 20,7
D 9	22,3	17,6 - 20,8
D 10	23,2	19,1 - 22,2
D 11	24,5	20,2 - 23,8
D 12	26,7	21,7 - 25,3
L 1	27,0	22,3 - 26,5
L 2	27,5	22,7 - 27,5
L 3	29,8	23,1 - 28,6
L 4	29,3	./.
L 5	30,0	./.

Die Spongiosa des Wirbelkörpers bildet ein längsgerichtetes Wabenmark, wobei das spezifische Gewicht des Wirbelkörpers Anzahl, Stärke und Abstand der Knochenbälkchen entspricht (Derlath, 30). Die Spongiosa zeigt funktionelle Strukturen in trajektorieller Anordnung (Schlüter, 158). Auf den Wirbelbogen mit seinen Fortsätzen sei hier nicht weiter eingegangen.

Die Brustwirbelsäule wird über die Aa. intercostales, die Lendenwirbelsäule über die Aa. lumbales, L 5 zusätzlich von der A. iliolumbalis versorgt. Es finden sich je Wirbel fünfzehn bis achtzehn Aa. nutritiae, die Gefäßinseln bilden (Zolotuchin, 184).

Zwischen den Wirbelkörpern liegen die Zwischenwirbelscheiben (= Diskus, Bandscheibe). Ihre Endflächen sind durch eine hyaline Knorpelschicht synchondrotisch mit den benachbarten Wirbelkörpern

verbunden (Waldeyer, 174), Im Annulus fibrosus und im Nucleus pulposus wurden elektronenmikroskopisch elastische Fasern nachgewiesen (Buckwalter et al., 21). Je zwei Wirbel bilden mit der dazwischenliegenden Zwischenwirbelscheibe ein Bewegungssegment als funktionelle Grundeinheit (Schmorl/Junghanns, 159).

Ein umfangreicher Bandapparat stabilisiert die Wirbelsäule: das Ligamentum longitudinale anterius und das Ligamentum longitudinale posterius. Das vordere Längsband ist an den Wirbelkörpern verankert (Waldeyer, 174). Die Fasern des hinteren Bandes ziehen ohne Verankerung an der Deckplatte von Diskus zu Diskus und haben nie Beziehung zu mehr als zwei Wirbeln (Stofft, 164).

Durch die Bändersysteme besitzt die Wirbelsäule eine charakteristische Eigenform. So ist die Brustwirbelsäule nach hinten, die Lendenwirbelsäule nach vorn konvex gekrümmt. Die nach vorn konvexe Krümmung wird als Lordose, die nach hinten konvexe als Kyphose bezeichnet. Das Ausmaß der Wirbelsäulenkrümmung wird durch den Muskeltonus mitbestimmt (Cramer, 26).

2.3. Funktion der Wirbelsäule

Das Achsenorgan Wirbelsäule hat sowohl kinetische als auch statische Funktionen. Es erfüllt zudem für das Rückenmark eine Schutzfunktion. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll hier nur auf die Belastbarkeit von Wirbelkörpern und Bandscheiben eingegangen werden. Die maßgebliche Beanspruchung des Wirbelkörpers erfolgt als flächige Druckbelastung. Gegen Querdehnung schützt die Randleiste, gegen Schubspannungen der Diskus (Schlüter, 158). Allerdings wird der Knochen weniger beansprucht als die Bandscheibe (Schlüter, 157). Unter normaler Belastung des

täglichen Lebens von 0,1 - 0,2 kp/mm2 befindet sich der Wirbelkörper in seiner elastischen Phase und verformt sich praktisch nicht. Erst bei cirka 1 kp/mm2 wird die Grenze der Tragfähigkeit erreicht (Plaue, 124). Die Tragfähigkeit der Wirbelkörper bei Kompression schwankt zwischen 361 und 743,7 kp, bei Extension zwischen 322,8 und 480,7 kp, bei Torsion zwischen 54,6 und 273,4 kp im dritten Lebensjahrzehnt und nimmt von cranial nach caudal zu (Sonoda, 155).

Die Bandscheibe verhält sich unter Druck ähnlich einer Flüssigkeit, wobei das hydrostatische Verhalten unabhängig ist von der anatomischen Lage des Diskus, dem Alter, der Steigerung der Belastung und isolierten Fissuren im Annulus fibrosus. Der intradiskale Druck ist dabei um circa 50 % höher als der extradiskal wirkende Druck (Nachemson, 106). Der intradiskale Druck ist im Stehen und Sitzen jeweils wohl in etwa gleich. Beim Vorwärtslehnen nimmt der Druck ungefähr proportional zum Beugewinkel und zum Gesamtgewicht über dem gemessenen Niveau zu. Der gemessene maximale Druck beträgt 0,197 kp/mm2, der Normaldruck etwa 0,13 - 0,18 kp/mm2 (Nachemson, 109). Die Bruchgrenze des Diskus schwankt bei Kompression zwischen 450 und 1500 kp, bei Extension zwischen 125,7 und 418,6 kp, bei Torsion zwischen 83,1 und 471,9 kp im dritten Lebensjahrzehnt (Sonoda, 155).

Die Belastbarkeit von Wirbelkörper und Bandscheibe verändert sich mit steigendem Lebensalter erheblich. Die Tragfähigkeit sinkt auf 0,5 kp/mm2 mit 48 Jahren ab, mit 74 Jahren sogar auf nur 0,25 kp/mm2 (Plaue, 126). Die Werte für die Bruchgrenzen sind nach dem vierzigsten Lebensjahr bereits um mehr als 75 % reduziert. Sie sind bei Frauen ohnehin um rund 1/6 niedriger als bei Männern (Sonoda, 155). Beim Wirbelkörper verringert sich die Spongiosadichte und mit ihr die Druckfestigkeit des Wirbelkörpers, wobei die kritische Bruchlast stärker sinkt, als es dem Rückgang der Dichte entsprechen würde (Plaue, 126).

Beim Diskus führt die fortgesetzte physiologische Druckwirkung zu reduzierter Gewebsfunktion, wobei Analogien zu den Veränderungen kolloider Systeme bei absterbendem oder schwer geschädigtem Gewebe bestehen (Makowsky, 94). Dies führt zum Absinken des Wassergehaltes (Püschel, 133) und zur Verringerung der Wasseraufnahmefähigkeit als Zeichen für die Alterung eines Gels (Schümmelfeder, 161). Mit fortschreitender Degeneration sinkt der intradiskale Druck und die Belastungsfähigkeit des Diskus; der Annulus fibrosus wird spröde (Nachemson, 107, 108). Ab dem dreißigsten Lebensjahr ist eine Zunahme der Verkalkung von Annulus fibrosus und Nucleus pulposus zu beobachten (Rathcke, 136). Pathologische Befunde, zum Beispiel gebrochene Endplatten oder Schmorl-Knötchen, verschlechtern die Belastbarkeit zusätzlich (Nachemson, 106, 108).

Auf Variationen und Mißbildungen ist in diesem Zusammenhang auch im Hinblick auf das Thema der vorliegenden Arbeit nicht näher einzugehen.

3. Die Entstehung von morphologischen Veränderungen des Wirbelkörpers durch Frakturen und ihre Ausheilung (Literaturübersicht)

3.1. Experimentelle Arbeiten

Die Tragfähigkeit einzelner menschlicher Wirbelkörper und menschlicher Wirbelsäulensegmente von je 2 - 4 Wirbelkörpern untersuchte Göcke (43 - 45) im Druck- und Schlagversuch. Er erzeugte im Schlagversuch einen typischen Stauchungsbruch bei 6,085 mkp; im Druckversuch schwankte die erforderliche Kraft zur Erzeugung eines Bruches zwischen 275 und 350 kp. Lob (87) bestätigt diese Versuche im wesentlichen und betont, daß die aktive Sprengkraft des Gallertkernes für die Entstehung typischer Wirbelbrüche ausschlaggebend ist, wobei entweder der Faserring gesprengt wird oder die knöchernen Endplatten einbrechen. Decoulx (29) untersucht neun Bewegungssegmente von je 3 Wirbeln im Druckversuch. Bei ihm werden zur Ruptur 600 bis 800 kp benötigt. Auf die Versuche Sonodas (155 s.o.) wurde bereits eingegangen. Eine Wirbelfraktur ließ sich im Versuch auch bei zwanzigfacher Erdschwere (= 20 g) erzeugen (Evans et al., 38).

In jüngster Zeit untersuchte Plaue das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern und stellt wie Göcke (43 - 45) Kraft-Weg-Diagramme auf. Er findet nach der Frakturphase eine sekundäre Druckanstiegsphase (Plaue, 120), die auch Lob bereits beobachtete (Lob, 87, S. 7). Bis zum 50. Lebensjahr ist die Tragfähigkeit eines komprimierten Wirbelkörpers bereits bei einer frakturbedingten Höhenreduzierung um 30 bis 40 % der Tragfähigkeit eines unversehrten Wirbelkörpers annähernd gleich (Plaue, 121). Dabei sind die Festigkeitseigenschaften der Spongiosa abhängig von der Richtung

der einwirkenden Kraft. Weicht die Richtung der einwirkenden Kraft von der Vertikalen ab, ist die Tragfähigkeit des Wirbelkörpers reduziert und die Frakturgefahr erhöht (Plaue, 122). Bei hoher Verformungsgeschwindigkeit verliert die Spongiosa zusätzlich an Plastizität, so daß ihre "Knautschzonenfunktion" beeinträchtigt ist (Plaue, 124). Mit dem Alter kommt es durch funktionellen Umbau entsprechend der physiologischen Spannungsverteilung in der Wirbelkörperspongiosa zur Rarefizierung der Quertrabekel. Auch dies erhöht die Frakturgefahr. Als eigentlicher Frakturmechanismus kommt der Knickbruch in Frage (Plaue, 125). Die Altersabhängigkeit der Wirbelkörpertragfähigkeit wird von Plaue ständig betont, wobei er vom 50. Lebensjahr an zur Vorsicht bei der Behandlung von Wirbelkörperfrakturen mahnt (Plaue, 121, 126-128) und fordert, eine Osteoporose bereits im Frühstadium zu behandeln (Plaue, 125). Auch Sonoda (155) weist auf die Altersabhängigkeit der Wirbelkörpertragfähigkeit hin.

3.2. Einteilung der Frakturen

In der Literatur werden naturgemäß unterschiedliche Klassifizierungen für die Frakturen der Wirbelsäule und speziell der Wirbelkörper angegeben. Nach dem Einwirken der Kraft, die die Fraktur auslöst, teilt Glorieux (42) ein in:

1. Beugeläsion
2. Extensionsläsion
3. Rotationsläsion

Ähnlich teilt Holdsworth (57, 58) die Frakturen ein in:

1. pure flexion injuries
2. compression injuries
3. flexion-rotation injuries
4. extension injuries

Rennie und Mitchell (140) fügen diesem Katalog die Abteilung

5. flexion-distraction injuries

hinzu. Allerdings verwendet Holdsworth oft auch andere Bezeichnungen für einzelne Wirbel-Fraktur-Formen, wodurch seine Einteilung eher pragmatisch als systematisch wirkt. Im angelsächsischen Schrifttum werden die Wirbelfrakturen zudem häufig lediglich in die Kategorien stabil - instabil unterteilt. Als instabil gilt eine Wirbelfraktur, bei der die Zerreißung des dorsalen Bandsystems unterstellt werden kann (Apley, 3). Kelly und Whitesides (69) gehen aus von einer 2-Säulentheorie der Wirbelsäule, indem sie in eine Wirbelbogen- und eine Wirbelkörpersäule unterteilen, und leiten hieraus die Einteilung der Wirbelfrakturen in stabile und instabile ab.

Watson-Jones (175) unterteilt in

1. simple wedge fracture
2. comminuted fracture
3. fracture-dislocation

Roberts und Curtiss (141) unterteilen die Wirbelfrakturen ebenfalls in drei Typen:

1. wedge-compression-fracture
2. burst-compression-fracture
3. rotational fracture dislocation

und bezeichnen Typ 3 als instabil.

Im deutschen klinischen Sprachgebrauch wird häufig eingeteilt nach den Bedürfnissen der Praxis in:

1. Stauchungsbrüche
2. Biegungs- und Abscherungsbrüche
3. Überstreckungsbrüche
4. Drehbrüche (nach Lob 87, S. 10).

Liechti (81) gibt zwei Einteilungen an:

1. nach dem Verletzungsmechanismus:

   a) Biegungsverletzungen durch Flexion
   b) Biegungsverletzungen durch Hyperextension
   c) reine Kompressionsverletzungen
   d) Verletzungen durch Rotation
   e) Verletzungen durch Scherung

2. nach dem Ausmaß und der Form der Verletzungen:

   a) isolierte Verletzungen der Bänder
   b) Luxationen
   c) isolierte Frakturen des Wirbelkörpers
   d) Luxationsfrakturen von Körper und Bogen
   e) isolierte Fortsatzfrakturen

Maurer und Schwarzhoff (97) fanden bei Untersuchung von Unfällen drei Grundformen:

Stauchung
Hyperflexion
Hyperextension

Eine Einteilung der Wirbelsäulenverletzungen auf funktioneller und

pathologischer Grundlage hat Lob (87) entwickelt:

1. Kontusionen und Distorsionen ohne röntgenologisch faßbare Folgen am Wirbelsäulenskelett
2. die isolierte Bandscheibenverletzung
3. der isolierte Wirbelkörperbruch
4. der Wirbelkörperbruch mit Bandscheibenverletzung
5. die voll ausgebildete Wirbelsäulenverletzung
6. die echte Wirbelverrenkung
7. der isolierte Bogen- und Fortsatzbruch

Bezogen auf Wirbelkörperfrakturen finden wir bei Schmorl/Junghanns (159) folgende Untergruppen der Kategorien von Lob:

1. isolierter Wirbelkörperbruch
   a) Quetschbruch
   b) Brüche der Wirbelkörperkanten
2. kombinierte Wirbelkörperbandscheibenverletzung
   a) Quetschbruch
   b) Schrägbruch
   c) Querbruch

Schulze (162) teilt ein in sechs Gruppen:

1. Vorderkantenabsprengung
2. keilförmige Stauchung
3. Kompression mit Vorderkantenabsprengung
4. Kompression mit Deckplatteneinbruch
5. Einriß des Wirbelkörpers bis zur vorderen Keilfraktur
6. Luxationsbrüche

Neben den aufgezeigten Einteilungen finden sich viele zusätzliche Bezeichnungen für spezielle Formen von Wirbelsäulenverletzungen in der Literatur, die hier im einzelnen nicht aufgeführt werden sollen. Eine einheitliche Nomenklatur ist in der Literatur bisher nicht vorhanden.

3.3. Entstehung der Frakturen

Die Wirbelbrüche machen etwa 2 - 6 % aller Knochenverletzungen aus (Bilow/Weller, 12). Männer (80 %) werden häufiger betroffen als Frauen (20 %) (Schmorl/Junghanns, 159). Schon Gurlt (49) berichtet um 1860 von einer Häufung der Frakturen im Bereich D 11 - L 2. Die am stärksten gefährdeten Stellen der WS sind die Bereiche C 5 - C 7, D 12 - L 1 und L 4 - L 5 (Perlmutter, 118). Am häufigsten erleidet L 1 eine Wirbelfraktur, danach D 12 und dann weiter L 2, C 5, C 6, D 11 und L 3 (Hopf, 59). Faldini und Gianelli (39) beobachteten in 45,5 % ihrer Fälle eine direkte Gewalteinwirkung. Lähmungserscheinungen fand Haumann (54) in seinem Material bei Frakturen an der Brustwirbelsäule in 47,15 % der Fälle, an der Lendenwirbelsäule in 44,74 %. Ähnliche Zahlenangaben finden sich bei fast allen Autoren in der Literatur.

Wirbelbrüche entstehen durch direkte und indirekte Gewalteinwirkung auf die Wirbelsäule. Theoretisch kann die Gewalt

1. die Wirbelsäule in der Längsrichtung als reine Stauchung treffen,
2. die Wirbelsäule nach vorne beugen oder biegen, wobei so gut wie immer abscherende Kräfte mitspielen,
3. die Wirbelsäule nach hinten überbiegen und
4. im Sinne einer Drehung um die Längsachse auf die Wirbelsäule einwirken (Lob, 87).

Alle diese Mechanismen treffen selbstverständlich sehr häufig in verschiedensten Kombinationen zusammen.

Immer wieder finden sich in der Literatur Beschreibungen einzelner oder mehrerer Fälle von Wirbelfrakturen und ihrer speziellen Genese. So berichtet z.B. Adler (1) über die Wirbelsäulenverletzungen während des israelitisch-ägyptischen 6-Tage-Krieges. Griffin (46) beschreibt Wirbelfrakturen nach der Benutzung von Schleudersitzen in

Kampfflugzeugen. Von Sportunfällen mit Wirbelsäulenverletzungen berichten Leidholt (79) und Rompe/Krahl (142). Wirbelsäulenverletzungen beim Drachenfliegen beschreibt Bell (9). Wirbelsäulenverletzungen bei Kfz-Unfällen wurden vor allem in neuerer Zeit von Weiss (176), Howland et al. (60) und Hinz (56) untersucht. Witwicki et al. (181) berichten über Wirbelfrakturen bei seniler Osteoporose, Palme et al. (117) über zwei Fälle von Wirbelfraktur bei Spondylarthritis ankylopoetica. Wirbelfrakturen entstanden auch bei Tumoren der Glandula parathyreoidea oder der Hypophyse (Moffat, 104), nach Verabreichung von Metrazol (Krause, 72), von Perabrodil (Stenzel, 163) und unter langdauernder Therapie mit Cortison und Corticotropin (Curtiss et al., 27).

Einen breiten Raum nimmt die Darstellung von Wirbelfrakturen durch Krampfanfälle ein. Bäcker (6) und Pusch (135) bestätigen, daß die Kraft der körpereigenen Muskulatur durchaus in der Lage ist, Wirbelfrakturen auszulösen. Sie finden sich im Bereich der Brustwirbelsäule (Follmer, 40), wobei ein Muskelzug von 200 bis 400 kp zur Erzeugung der Fraktur notwendig ist (Ode, 115). Grundmann (47) schildert als Ursachen in seiner umfassenden und zusammenfassenden Arbeit:

1. Tetanus
2. hypoglykämischer Schock
3. Krampfbehandlung (Cardiazol, Azoman)
4. Elektroschock
5. Epilepsie
6. Eklampsie
7. Pyrazolon
8. peridurale Kontrastdarstellung

Über Fälle von Wirbelfrakturen unter Tetanus berichten auch Nagy (110) und Zukschwerdt (185), bei Elektroschock Jeong et al. (66) und Sonnenschein (154), bei Epilepsie Moore et al. (105) und bei Eklampsie Kuhlmann/Wigand (75). Sicherlich ist diese Liste äußerst unvollständig, sie mag aber für einen groben Überblick genügen.

3.4. Ausheilung der Frakturen

Den Ausheilungsvorgängen bei den verschiedenen Arten der Wirbelsäulenverletzungen und der Wirbelfrakturen geht Lob (87) ausführlich nach. Grundsätzlich ist ein Wirbelbruch dem gelenknahen Bruch eines Röhrenknochens ähnlich (Lob, 84). Er ist vergleichbar einem eingestauchten Schenkelhalsbruch (Bürkle, 22). Befindet sich Bandscheibengewebe im Bruchspalt, ist der Wirbelbruch einer Röhrenknochenfraktur mit Weichteilinterposition zu vergleichen. Eine Sonderstellung des Wirbels unter den Knochen des menschlichen Skeletts ist jedoch nicht vertretbar (Heuritsch, 55). Nach Magnus (92) bildet der gestauchte Wirbelkörper eine feste Masse. Der Trümmerbrei im Bruchspalt schafft dabei für die Kallusbildung gute Bedingungen (Ettore, 37). Der Trümmerbrei fällt der Nekrose anheim, das zertrümmerte Gewebe wird ausgeräumt, und es bildet sich endostaler Kallus, wobei nicht geschädigtes, eingebrochenes Bandscheibengewebe erhalten bleiben kann und von einer lamellären Knochenschale abgegrenzt wird (Aufdermaur, 5). Neben endostalem findet sich auch periostaler Kallus, der jedoch gering ist (Lob, 87) und auf die unmittelbare Nachbarschaft begrenzt bleibt, wobei Bandscheibengewebe im Bruchspalt die Kallusbildung hemmt (Lob, 85). Insgesamt besitzt der Wirbelkörper wenig reparative Potenz (Bilow/Weller, 12). Das Ausheilungsergebnis ist abhängig von:

1. der Schwere des Traumas,
2. dem Alter des Patienten und
3. der Indikationsstellung der Therapie (Rehn, 138).

Der frakturierte Wirbel wird nach Abschluß der Behandlung unter der Funktion im Sinne funktioneller Anpassung umgeformt, wobei folgende vier Formen entstehen (Seyss, 152):

Abbildung 1

a) Umbau eines Keilwirbels (die Keilform verstärkt sich)

b) Umbau bei hochgradiger Keilbildung

c) traumatischer Stufenwirbel

d) Schmetterlingswirbel (zentral keine Knochenbildung)

Isolierte Frakturen der Wirbelsäule ohne Beteiligung der Weichteile sind selten, meist ist die Wirbelfraktur Teil einer umfassenden Wirbelsäulenverletzung (Lob, 83). So ist natürlich das Ausheilungsergebnis abhängig von den Mitverletzungen der Weichteile und vor allem des Diskus (Melzer, 100). Die Prognose wird umso ungünstiger, je stärker der Diskus beteiligt ist (Memmi, 103). Lob (87) kommt zusammenfassend zu folgenden Ergebnissen:

1. Am isolierten Wirbelkörperbruch kommt es zur knöchernen Vereinigung der ineinandergeschobenen Spongiosaabschnitte innerhalb von etwa 3 bis 4 Monaten, wobei die Spongiosastruktur sich nachträglich der veränderten Statik durch Umbau anpaßt. Spangen- und Randwulstbildungen werden nicht beobachtet.

2. Wird die Bandscheibe mitverletzt, kommt es zur umschriebenen traumatischen Spondylosis deformans, wobei sich die Ausheilungsvorgänge am Wirbelbruch mikroskopisch und makroskopisch abgrenzen lassen von denen an der Bandscheibe. Es kommt innerhalb von etwa 4 bis 6 Monaten zur knöchernen Konsolidierung des verletzten Wirbelsäulenbezirks.

3. Das in die benachbarten Wirbelkörper eingesprengte Bandscheibengewebe wird bindegewebig umgewandelt, wobei eine Stabilisierung innerhalb von circa 6 Monaten eintritt.

3.5. Die Beurteilung der frischen Wirbelfraktur

Nach dem klinischen und röntgenologischen Befund ist eine exakte Einordnung der frischen Wirbelfraktur in den meisten Fällen nur näherungsweise möglich. Sicher zu erkennen ist eine Wirbelsäulenfraktur im Röntgenbild erst bei einem Höhenverlust von 3/10 der ursprünglichen Wirbelkörperhöhe (Plaue, 123, 129). Der Ablauf des Frakturmechanismus kann aus dem Röntgenbild nicht rekonstruiert werden (Maurer/Schwarzhoff, 97). Das Ausmaß der begleitenden Weichteilverletzung läßt sich nach dem Röntgenbild aus der Morphologie des frakturierten Wirbels nur abschätzen. Folglich ist eine exakte Prognose der Ausheilungsvorgänge und damit das therapeutische Vorgehen schwierig. Für eine abschätzende Beurteilung der jeweils vorliegenden Wirbelsäulenverletzung wird häufig die Messung der Achsenknickung der Wirbelsäule herangezogen, der sogenannte Gibbus-Winkel. Gebräuchliche Verfahren beschreibt Debrunner (28). Die Vermessung des frakturierten Wirbelkörpers im Röntgenbild und die Berechnung verschiedener daraus abgeleiteter Quotienten wird von Beck und Titze (8, 165) vorgeschlagen. Vinz (170) definiert für die ventrale Wirbelkörperkante einen Kompressionsindex, den er ebenfalls aus der Vermessung der Röntgenbilder errechnet. Ein ähnliches Verfahren verwendet wohl auch Koneczny (71). Klapp et al. (70) haben ein komplizierteres, aber wohl sehr genaues Verfahren zur Vermessung des Wirbelkörpers im Röntgenbild entwickelt und beschrieben, das die ursprüngliche Form des Wirbelkörpers vor der Fraktur mit Hilfe trigonometrischer Formeln zu konstruieren versucht und die rekonstruierte Wirbelkörperform mit der tatsächlichen Wirbelkörperform vergleicht. Der Aussagewert all dieser Methoden ist allerdings umstritten.

3.6. Die Behandlung der Wirbelfrakturen

Um das Für und Wider der Wiederherstellung anatomischer Verhältnisse am Wirbelbruch führten in Deutschland Böhler und Magnus eine erbitterte Kontroverse, die bis heute nachwirkt und keineswegs entschieden ist. Böhler fordert die Aufrichtung der Wirbelfrakturen gemäß den allgemeinen Grundregeln der Knochenbruchbehandlung - einrichten, fixieren und üben (Böhler, 13 - 16). Magnus hingegen hielt die minimale Therapie für die optimale (Magnus, 92). Beide Ansichten werden immer wieder aufs neue vertreten und belegt. Bei der Böhlerschen Methode zeigte sich jedoch, daß ein Teil der aufgerichteten Frakturen auch bei langandauernder Fixierung nicht in dieser Stellung gehalten werden konnte. So scheint die Indikation dieser Methode begrenzt durch den pathologischen Zustand der Fraktur und die entsprechend ablaufenden Ausheilungsvorgänge.

Die Beschreibung und Erörterung der Sinterungsvorgänge nimmt in der Literatur einen breiten Raum ein. Nach der Aufrichtung entsteht im Wirbelkörper eine bindegewebige Narbe (Lob, 82). Durch Entzerren des Trümmerbreis im frakturierten Wirbel werden die Heilungsbedingungen verschlechtert (Ettore, 37), zumal die begleitenden Verletzungen der Wirbelfraktur durch die Reposition nicht beeinflußt werden (Melzer, 100). Dies gilt auch bei stabilen Frakturen (Giebel, 41). Eine restitutio ad integrum ist nicht erreichbar (Krueger/Scholze, 74). Die Sinterung erfolgt innerhalb 2 bis 7 Jahren (Savastano, 148) und beläuft sich auf etwa 50 % der Fälle (Trojan, 168/Seligo, 149). Die Prozentangaben anderer Verfasser weichen von diesem Wert jedoch erheblich nach oben oder unten ab.

Bei der funktionellen Behandlung nach Magnus bleibt die Formveränderung des Wirbelkörpers weitgehend durch das Unfallgeschehen be-

stimmt. Zusätzliche Sinterung erfolgt nur selten (Bilow/Pahl, 11/ Schulze, 162/Arnold et al., 4). Durch die frühzeitig einsetzende Übungsbehandlung wird zudem die Rückenmuskulatur vor funktionellen Schäden bewahrt, so daß nach Magnus behandelte Patienten objektiv und subjektiv das günstigere Bild bieten (Weller et al., 177).

Allgemein wird bei allen Formen der Therapie größter Wert gelegt auf die Kräftigung der Rückenmuskulatur (Brückner, 20/Burges et al., 24/Ehlert, 34/Schoberth, 160/Werner et al., 178/Bäuerle, 7). Sport beschleunigt auch die Konsolidierung aufgerichteter Frakturen (Mallet-Guy, 95). Die Mitarbeit der Patienten und die Qualität der Krankengymnastik können den Enderfolg erheblich variieren (Andersen et al., 2). Dabei ist das perfekte funktionelle Ergebnis von der perfekten Anatomie unabhängig (Nicoll, 112, 113/Solheim, 153). Das gilt auch für reponierte Wirbelfrakturen (Campanacci et al., 25), wenngleich schwere Deformationen im Bereich D 12 - L 5 zu statischen und mechanischen Problemen mit ernsten Folgen führen können (Kroupa, 73). Bei der Behandlung von Patienten über 50 Jahren wird zudem zu besonderer Vorsicht ermahnt (Plaue, 126, 128).

Auf die unterschiedlichen Verfahren bei der Behandlung von Wirbelfrakturen sei hier nur kurz eingegangen. Puhl (134) gibt folgende Übersicht:

I. Konservativ
   1. Magnus
   2. Böhler
   3. Rauchfuß
   4. Korsett

II. Operativ
   1. Frühoperation
      a) offene Reposition
      b) Laminektomie
      c) sekundäre Wirbelsäulenversteifung

2. Spätoperation
   a) Laminektomie
   b) sekundäre Wirbelsäulenversteifung

Die Indikation der einzelnen Methoden bleibt umstritten, vor allem, wenn die Verletzung der Wirbelsäule durch eine begleitende Verletzung des Rückenmarks kompliziert wird. Die Erörterung der verschiedenen Behandlungsmethoden und ihrer Indikationen gehört jedoch nicht zum Thema der vorliegenden Arbeit.

3.7. Die Heilung der Wirbelfrakturen bei Kindern und Jugendlichen

Zum Abschluß dieser Literaturübersicht sei noch kurz eingegangen auf die besonderen Verhältnisse am Wirbelbruch bei Kindern und Jugendlichen. Sie spielen für die Therapie erst jenseits des 8. Lebensjahres eine Rolle (Junge, 67). 35,7 % dieser Fälle unterliegen einer Fehldiagnose (Ianikian, 65). Als sicheres Frakturzeichen findet sich bis zu einer Woche eine lokale Druckempfindlichkeit der Processus spinosi (Loth, 88). Kindliche Wirbelsäulenverletzungen haben wegen des hohen Kompensationsvermögens des kindlichen Organismus eine gute Prognose (Huke, 63). Während der Wachstumsschübe besteht eine erhöhte Korrekturfähigkeit (Huke, 62). Eine Rückenmarksbeteiligung ist bei Kindern selten (Probst, 132). Eine Deckplattenverletzung verschlechtert die Prognose (Ruckstuhl et al., 146). Dies gilt auch bei einer Schädigung der Randleiste (Ehalt, 32) und des Diskus (Hubbard, 61). Nebenverletzungen des Bewegungssegments führen zur Verblockung (Ruckstuhl et al., 146). Unstabile Wirbelfrakturen bei Kindern neigen zu progressiver Deformation (Hubbard, 61). Eine restitutio ad integrum ist nur bei unverletzter Deckplatte zu erreichen (Erlacher et al., 36).
Je älter die Kinder im Zeitpunkt der Verletzung sind, umso mehr ähneln die Heilungsergebnisse denen Erwachsener (Probst, 132). Bei Keilfrakturen richten sich 75 % aller Fälle selbst auf, bei komplizierten Frakturformen 33 % (Ruckstuhl et al., 146). Auch Povacz (130) berichtet über einen Fall mit Selbstaufrichtung. Die Behandlung der Wirbelfrakturen bei Kindern und Jugendlichen ist umstritten wie die Behandlung der Wirbelfrakturen bei Erwachsenen. Es werden sowohl konservative als auch operative Methoden propagiert.

4. Eigene Untersuchungen

4.1. Methodik

4.1.1. Patientengut

Seit Juli 1971 werden die wesentlichen Daten aller Patienten, die in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen ambulant oder stationär behandelt werden, in einer EDV-Anlage verschlüsselt gespeichert. In dieser Untersuchung wurden alle die Fälle berücksichtigt, die in der Zeit von März 1971 bis Dezember 1973 in Behandlung waren und im Diagnoseschlüssel die Diagnose "Wirbelfraktur obere Brustwirbelsäule", "Wirbelfraktur untere Brustwirbelsäule", "Wirbelfraktur Lendenwirbelsäule" oder zwei oder mehr dieser Diagnosen aufwiesen. Dies waren 126 Fälle. 27 Fälle hiervon waren für die vorliegende Arbeit nicht zu verwerten, weil bei ihnen entweder keine Fraktur des Wirbelkörpers vorlag oder die zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht zur Auswertung zu verwenden waren. Unter den verbleibenden 99 Fällen sind 5 Fälle enthalten aus der Zeit von Februar 1959 bis Oktober 1966, die im o.a. Zeitraum zur Nachuntersuchung bzw. -behandlung in der Klinik waren.

Die 99 zur Auswertung herangezogenen Fälle wurden in 4 Gruppen wie folgt eingeteilt:

1. 16 Fälle mit Frakturen der Brustwirbelsäule ohne neurologische Beteiligung
2. 37 Fälle mit Frakturen der Lendenwirbelsäule ohne neurologische Beteiligung
3. 26 Fälle mit Frakturen der Brustwirbelsäule mit neurologischer Beteiligung
4. 20 Fälle mit Frakturen der Lendenwirbelsäule mit neurologischer Beteiligung

Fälle, die sowohl Frakturen der Brustwirbelsäule als auch der Lendenwirbelsäule aufwiesen, wurden in den Brustwirbelsäulen-Gruppen erfaßt.

Seit Dezember 1975 werden in der Tübinger Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Fälle mit Frakturen der Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule ohne neurologische Beteiligung einer Frühmobilisationsbehandlung zugeführt. Bis zum September 1976 wurden 18 Fälle nach dieser Methode behandelt. Sie bilden die 5. Gruppe.

Insgesamt kamen schließlich 117 Fälle, die 139 Wirbelkörperfrakturen aufwiesen, in der vorgesehenen Weise zur Auswertung.

4.1.2. Erhebung der Daten

4.1.2.1. Krankenblatt

Aus dem Krankenblatt wurden nach Möglichkeit folgende Daten herausgezogen:

1. Unfalltag
2. Aufnahmetag
3. Entlassungstag
4. Ende der Arbeitsunfähigkeit
5. Minderung der Erwerbsfähigkeit
6. Tag der Feststellung der Minderung der Erwerbsfähigkeit
7. vollständige Diagnose
8. Unfallhergang
9. Therapieverlauf, soweit er die Behandlung der Wirbelfraktur betrifft

Die vorgenommene Datenauswahl erscheint auch nach Abschluß der Auswertung als sinnvoll und ausreichend für die Durchführung der vorliegenden Arbeit. Da die Angaben zum Behandlungsverlauf häufig wenig detailliert waren und meist nicht in der wünschenswerten Form erhoben werden konnten, ist es zweifelhaft, ob der Versuch, weite-

re Daten zu gewinnen, - es ist an Beweglichkeitsmessungen der Wirbelsäule bei der Entlassungsuntersuchung u.ä. zu denken - , auch weitere Ergebnisse erbracht hätte. Die bereits eingeführte, neue Form der Krankenakte in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wird für die Zukunft hier sicher neue Möglichkeiten eröffnen.

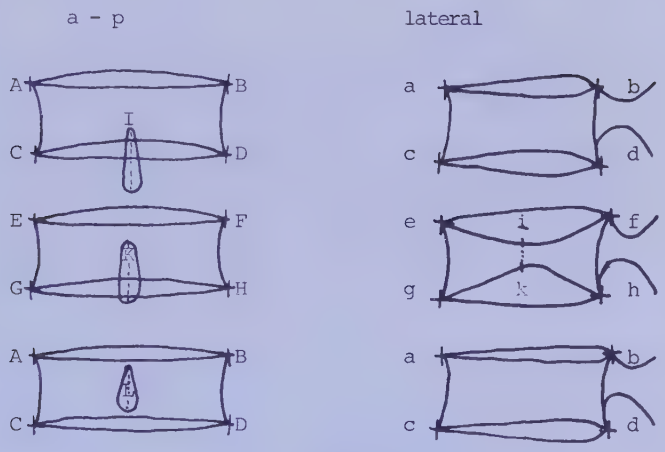
4.1.2.2. Röntgenbilder

Von den vorhandenen Röntgenbildern wurden nach Möglichkeit folgende Aufnahmen ausgewählt:

1. Aufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen vom Unfalltag
2. Aufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen nach 4 bis 6 Wochen Liegezeit mit gleichzeitiger funktioneller Behandlung
3. Aufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen vom Entlassungstag
4. Aufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen vom Tag der Feststellung der Minderung der Erwerbsfähigkeit

Auf den ausgewählten Röntgenaufnahmen wurden der frakturierte Wirbelkörper und die ihm jeweils cranial und caudal benachbarten nicht frakturierten Wirbelkörper vermessen. Bei Patienten mit mehreren Wirbelkörperfrakturen wurde analog verfahren. Der folgenden Abbildung 2 sind die verwendeten Meßpunkte zu entnehmen:

Abbildung 2 (vgl. auch Abb. 4, S. 32 ff.)



Es wurden folgende Strecken und Winkel gemessen:

1. an den nicht frakturierten Wirbelkörpern:

   $\overline{ac}$, $\overline{bd}$, $\overline{cb}$, $\overline{ad}$, $\overline{ab}$, $\overline{cd}$, $\overline{AC}$, $\overline{BD}$

2. an den frakturierten Wirbelkörpern:

   $\overline{eg}$, $\overline{fh}$, $\overline{gf}$, $\overline{eh}$, $\overline{ef}$, $\overline{gh}$, $\overline{ik}$, $\overline{EG}$, $\overline{FH}$

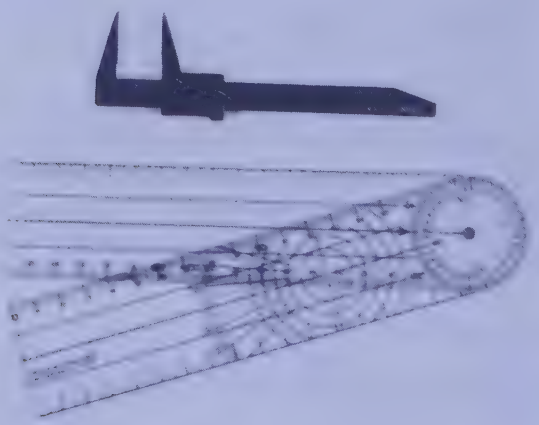
3. die beiden Winkel

= $\overline{ac}/\overline{eg}$

= $\overline{IK}/\overline{KL}$

Als Meßinstrumente wurden ein Winkelmesser und eine Schieblehre mit Nonius verwendet (Abbildung 3).

Abbildung 3



Zur Bewältigung der gestellten Aufgabe scheint die vorgenommene Auswertung von 4 Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen mit ausreichendem Zeitintervall zwischen den beiden 1. und 4. Aufnahmen zu genügen.

Die Festlegung der Meßpunkte erwies sich allerdings als problematisch. Die in Abb. 2 dargestellten Meßpunkte bilden im Röntgenbild häufig einen Meßfleck, bedingt durch die Abbildung räumlicher Strukturen in einer Ebene auf dem Röntgenfilm, wobei diese Strukturen sich über- und aufeinanderprojizieren. Mit der verwendeten Schieblehre (Abb. 3) konnten die Meßpunkte jedoch zufriedenstellend festgelegt und die ermittelten Meßstrecken ausreichend genau verglichen werden (Abb. 4, S. 32 ff.).

Es zeigte sich schnell an den nicht frakturierten Wirbelkörpern, daß nur solche Meßstrecken vergleichbar sind, die in cranio-caudaler Richtung verlaufen. Alle anderen Meßstrecken sowie die vermessenen Winkel sind von der individuellen Lagerung des Patienten während der Röntgenaufnahme abhängig. Sie erbrachten häufig erheblich differierende Meßwerte und konnten daher für die Beurteilung morphologischer Veränderungen nicht herangezogen werden.

Abbildung 4

lateral 1 + 2

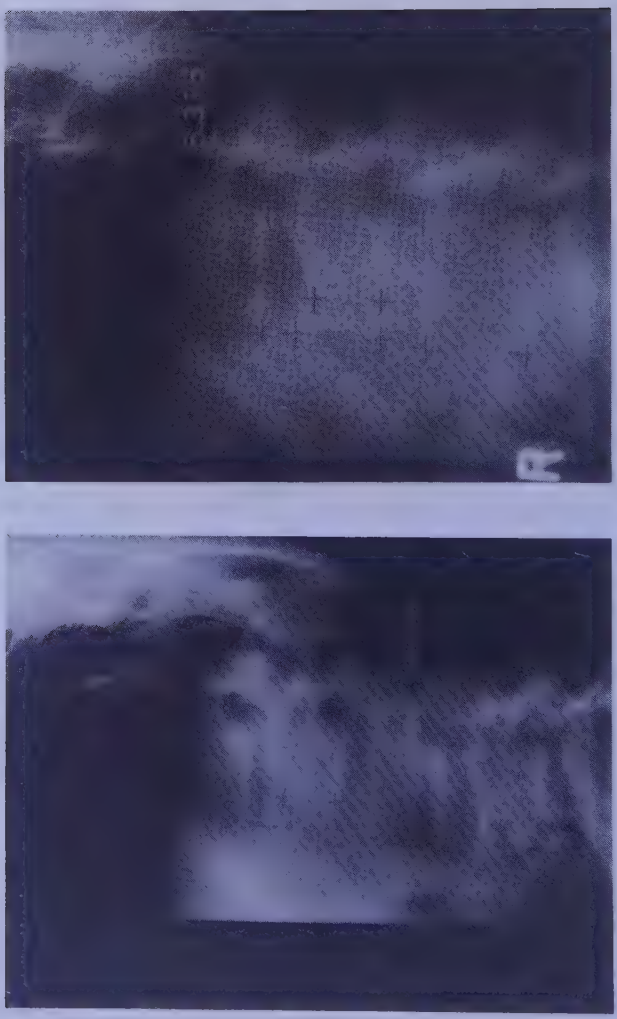


Abbildung 4 (Fortsetzung)

lateral 3 + 4

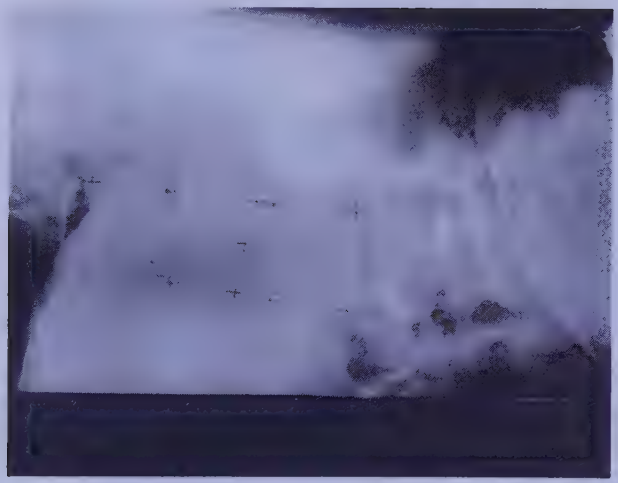
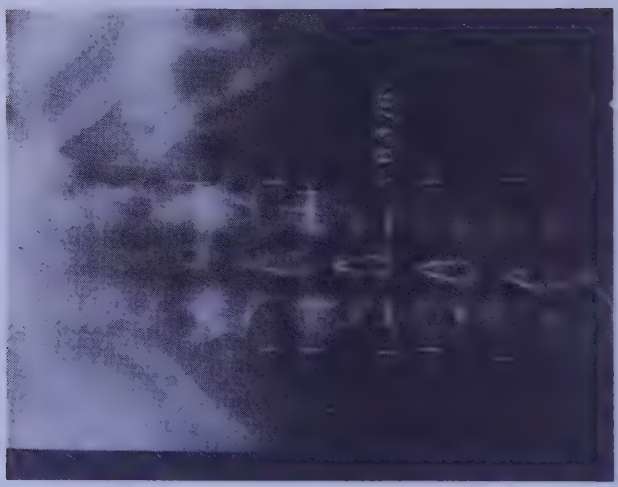


Abbildung 4 (Fortsetzung)

a - p 1 + 2



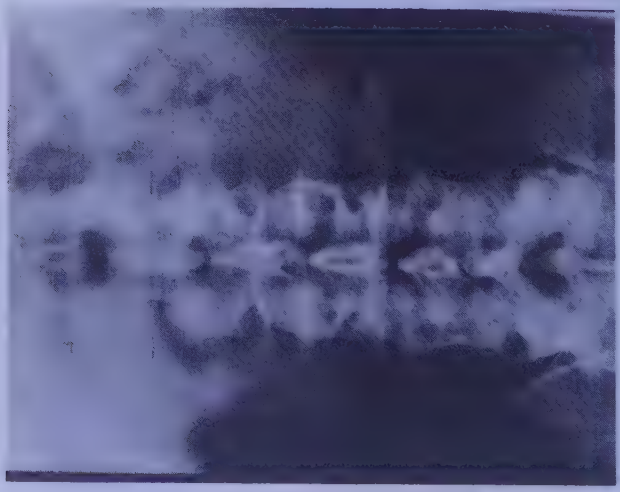
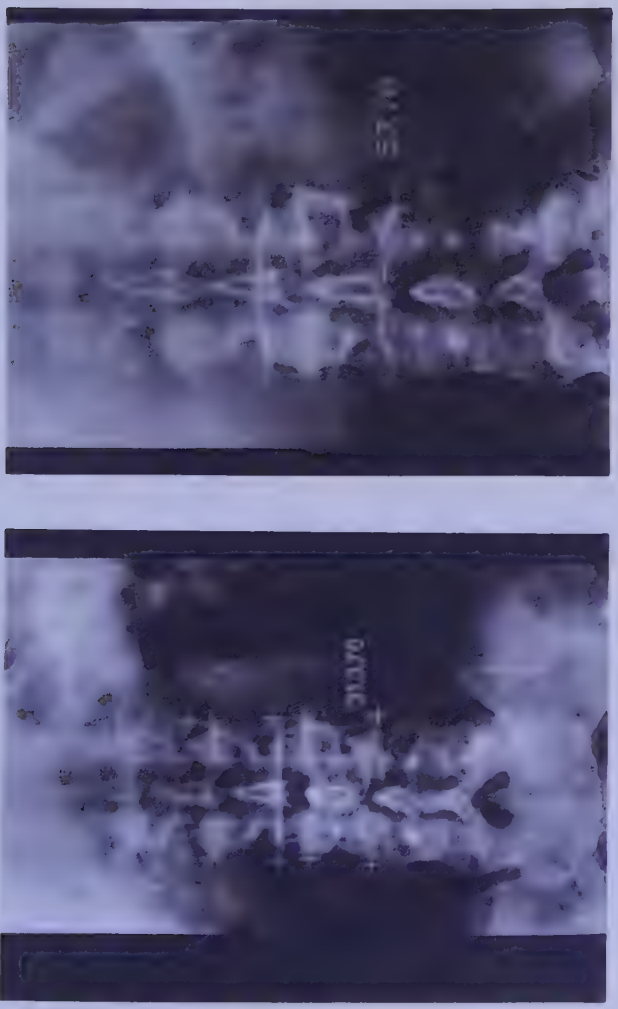


Abbildung 4 (Fortsetzung)

a - p 3 + 4



4.1.3. Verarbeitung der Daten für die EDV-Auswertung

Mit den ermittelten Daten und Meßwerten wurde ein Fragebogen entwickelt, der für alle Fälle zu verwenden war. Er ist im folgenden wiedergegeben.

A. S T A M M K A R T E	Spalte
1. Lochkartenkennung	1
1. Karte 1	
2. Karte 2	
3. Karte 3	
2. Karte 3 vorhanden?	2
1. nein	
2. ja	
3. Patient	3 - 5
4. Geschlecht	6
1. männlich	
2. weiblich	
5. Alter beim Unfall	7
1. bis 20 Jahre	
2. bis 30 Jahre	
3. bis 40 Jahre	
4. bis 50 Jahre	
5. über 50 Jahre	
6. Querschnittslähmung	8
1. keine	
2. inkomplett	
3. komplett	

7. Wirbelkennung gemessener Wirbel
   (Schlüssel 1)
   1. 9 + 10
   2. 11 + 12
   3. 13 + 14
   4. 15 + 16
   5. 17 + 18
   6. 19 + 20
8. Zusatzbefunde 21
   1. keine
   2. Polytrauma
   3. Polytrauma + Commotio
   4. Polytrauma + andere Befunde
   5. andere Befunde
9. Art der Wirbelfraktur 22
   1. Keilwirbel
   2. Keil + Vorderkante
   3. Keil + Deckplatte
   4. andere
10. Anzahl der Wirbelfrakturen 23
   1. 1 Wirbelfraktur
   2. 2 Wirbelfrakturen in Serie
   3. 2 Wirbelfrakturen isoliert
   4. 3 Wirbelfrakturen
11. Frakturverhalten 24
   1. stabil
   2. ab
   3. zu
   4. andere
12. Unfallhergang 25
   1. Sturz bis 2 m
   2. Sturz bis 3 m
   3. Sturz bis 4 m
   4. Sturz bis 5 m

5. Sturz bis 6 m
6. Sturz über 6 m
7. Fall ins oder aufs Kreuz
8. Verkehrsunfall
9. andere

13. Unfallort 26
    1. Arbeitsplatz
    2. Arbeitsweg
    3. Sport
    4. andere

14. Aufnahmetag 27
    1. am Unfalltag
    2. bis 14. Tag ohne Querschnittslähmung
    3. bis 49. Tag ohne Querschnittslähmung
    4. nach 49. Tag ohne Querschnittslähmung
    5. bis 28. Tag mit Querschnittslähmung
    6. bis 49. Tag mit Querschnittslähmung
    7. alt
    8. ohne Angabe

15. Gymnastik (nur Querschnittslähmung) 28
    1. 15. - 49. Tag
    2. 50. - 70. Tag
    3. nach 71. Tag
    4. ohne Angabe

16. Aufrichtung (nur Querschnittslähmung) 29
    1. 15. - 56. Tag
    2. 57. - 84. Tag
    3. nach 84. Tag
    4. ohne Angabe

17. Gehschule (nur Querschnittslähmung) 30
    1. 57. - 91. Tag
    2. 92. - 161. Tag
    3. nach 190. Tag
    4. alt
    5. ohne Angabe
18. Aufstehen (nur ohne Querschnittslähmung) 31
    1. bis 21. Tag
    2. 22. - 49. Tag
    3. 50. - 84. Tag
    4. nach 98. Tag
    5. ohne Angabe
19. Entlassung (ohne Querschnittslähmung) 32
    1. bis 21. Tag
    2. 22. - 49. Tag
    3. 50. - 91. Tag
    4. nach 98. Tag
    5. alt
    6. ohne Angabe
20. Entlassung (mit Querschnittslähmung) 33
    1. 71. - 140. Tag
    2. 141. - 210. Tag
    3. 211. - 280. Tag
    4. nach 330. Tag
    5. alt
    6. ohne Angabe
21. Arbeitsfähig 34
    1. 49. - 70. Tag
    2. 71. - 126. Tag
    3. nach 134. Tag
    4. alt
    5. ohne Angabe

22. Minderung der Erwerbsfähigkeit 35
    1. bis 20 %
    2. 21 - 99 %
    3. 100 %
    4. ohne Angabe
23. Minderung der Erwerbsfähigkeit festgestellt 36
    1. bis 365. Tag
    2. bis 730. Tag
    3. bis 1095. Tag
    4. bis 1460. Tag
    5. nach 1461. Tag
    6. alt
    7. ohne Angabe
24. vorhandene Röntgenaufnahmen 37
    1. 1
    2. 2
    3. 3
    4. 4 oder mehr
25. auswertbare Röntgenaufnahmen 38
    1. 1
    2. 2
    3. 3
    4. 4
26. verwendete Röntgenaufnahmen 39 + 40
    1. 1
    2. 1 + 2
    3. 1 + 3
    4. 1 + 4
    5. 2 + 3
    6. 2 + 4
    7. 3 + 4
    8. 1 + 2 + 3
    9. 1 + 2 + 4
    10. 2 + 3 + 4

11. 1 + 2 + 3 + 4
12. 1 + 3 + 4

27. Röntgenaufnahme 1 angefertigt 41
1. am Unfalltag
2. bis 7. Tag
3. bis 28. Tag
4. bis 56. Tag
5. 70. - 175. Tag
6. alt

28. Röntgenaufnahme 2 angefertigt 42
1. 1. - 7. Tag
2. 8. - 21. Tag
3. 22. - 42. Tag
4. 43. - 70. Tag
5. 71. - 98. Tag
6. nach 140. Tag
7. alt
8. keine Röntgenaufnahme 2

29. Röntgenaufnahme 3 angefertigt 43
1. 21. - 63. Tag
2. 64. - 105. Tag
3. 106. - 140. Tag
4. 141. - 210. Tag
5. nach 210. Tag
6. alt
7. keine Röntgenaufnahme 3

30. Röntgenaufnahme 4 angefertigt 44
1. bis 182. Tag
2. bis 365. Tag
3. bis 730. Tag
4. bis 1095. Tag
5. nach 1095. Tag
6. keine Röntgenaufnahme 4

	Spalte
31. Wirbelkennung 1 (Schlüssel 1)	45 + 46
32. Messung 1	
1. anterior	47 - 49
2. posterior	50 - 52
3. median	53 - 55
4. rechts	56 - 58
5. links	59 - 61

Die Meßstrecken sind (siehe Abb. 2, S. 29):

anterior	$\overline{bd}$ bzw. $\overline{fh}$
posterior	$\overline{ac}$ bzw. $\overline{eg}$
median	$\overline{ik}$
rechts	$\overline{BD}$ bzw. $\overline{FH}$
links	$\overline{AC}$ bzw. $\overline{EG}$

Dies gilt für alle anderen Messungen entsprechend.

33. Wirbelkennung 2 (Schlüssel 2)	62 + 63
34. Messung 2	
1. anterior	64 - 66
2. posterior	67 - 69
3. median	70 - 72
4. rechts	73 - 75
5. links	76 - 78

B. ANHÄNGEKARTE 1

	Spalte
1. Lochkartenkennung	1
1. Karte 1	
2. Karte 2	
3. Karte 3	
2. Karte 3 vorhanden	2
1. nein	
2. ja	
3. Patient	3 - 5
4. Wirbelkennung 3	6 + 7
(Schlüssel 1)	
5. Messung 3	
1. anterior	8 - 10
2. posterior	11 - 13
3. rechts	14 - 16
4. links	17 - 19
6. Wirbelkennung 4	20 + 21
(Schlüssel 1)	
7. Messung 4	
1. anterior	22 - 24
2. posterior	25 - 27
3. rechts	28 - 30
4. links	31 - 33
8. Wirbelkennung 5	34 + 35
(Schlüssel 1)	
9. Messung 5	
1. anterior	36 - 38
2. posterior	39 - 41

	Spalte
3. rechts	42 - 44
4. links	45 - 47
10. Wirbelkennung 6 (Schlüssel 1)	48 + 49
11. Messung 6	
1. anterior	50 - 52
2. posterior	53 - 55
3. rechts	56 - 58
4. links	59 - 61
12. Wirbelkennung 7 (Schlüssel 1)	62 + 63
13. Meßdifferenzkennung 1 (Schlüssel 2)	64 - 66

Bei der Übertragung der Meßwerte, die bezogen auf die Anfangsröntgenbilder nicht "stabil" blieben, in den Fragebogen, stellte sich das Problem der eindeutigen Zuordnung und Identifizierung dieser Werte. Aus Platzmangel wurde nur die Differenz zum Meßwert des Anfangsröntgenbildes absolut angegeben. Die Zuordnung dieser Meßdifferenz zum jeweiligen Wirbelkörper erfolgt durch Schlüssel 1. Durch Schlüssel 2 erfolgt dann die Zuordnung zu

a) dem Anfangsmeßwert
b) den miteinander verglichenen Röntgenbildern
c) dem Vorzeichen der Meßdifferenz.

Meßdifferenzen von mehr als 2 Wirbelkörpern bei einem Patienten treten nicht auf.

14. Meßdifferenz 1	67 - 69
15. Meßdifferenzkennung 2 (Schlüssel 2)	70 - 72
16. Meßdifferenz 2	73 - 75

	Spalte
C. ANHÄNGEKARTE 2	
1. Lochkartenkennung	1
1. Karte 1	
2. Karte 2	
3. Karte 3	
2. Karte 3 vorhanden	2
1. nein	
2. ja	
3. Patient	3 - 5
4. Wirbelkennung 8	6 + 7
(Schlüssel 1)	
5. Meßdifferenzkennung 3	8 - 10
(Schlüssel 2)	
6. Meßdifferenz 3	11 - 13
7. Meßdifferenzkennung 4	14 - 16
8. Meßdifferenz 4	17 - 19
9. Meßdifferenzkennung 5	20 - 22
10. Meßdifferenz 5	23 - 25
11. Meßdifferenzkennung 6	26 - 28
12. Meßdifferenz 6	29 - 31
13. Meßdifferenzkennung 7	32 - 34
14. Meßdifferenz 7	35 - 37
15. Meßdifferenzkennung 8	38 - 40
16. Meßdifferenz 8	41 - 43
17. Meßdifferenzkennung 9	44 - 46
18. Meßdifferenz 9	47 - 49
19. Meßdifferenzkennung 10	50 - 52
20. Meßdifferenz 10	53 - 55

S C H L Ü S S E L 1

Wirbelkennung

	ohne Fraktur	Fraktur stabil	Fraktur ab	Fraktur zu	Fraktur andere
D 3	01	21	41	61	81
D 4	02	22	42	62	82
D 5	03	23	43	63	83
D 6	04	24	44	64	84
D 7	05	25	45	65	85
D 8	06	26	46	66	86
D 9	07	27	47	67	87
D 10	08	28	48	68	88
D 11	09	29	49	69	89
D 12	10	30	50	70	90
L 1	11	31	51	71	91
L 2	12	32	52	72	92
L 3	13	33	53	73	93
L 4	14	34	54	74	94
L 5	15	35	55	75	95

S C H L Ü S S E L 2 — Spalte

Meßdifferenzkennung

1. Messung — 1
   1. anterior
   2. posterior
   3. median
   4. rechts
   5. links
2. verglichene Röntgenaufnahmen — 2
   1. 1 + 2
   2. 1 + 3
   3. 1 + 4
   4. 2 + 3
   5. 2 + 4
   6. 3 + 4
3. Differenz — 3
   1. positiv = zu
   2. negativ = ab

Aus praktischen Erwägungen heraus folgen weitere Erläuterungen zum Fragebogen bei der Darstellung des Gesamtbestandes (4.2.2.).

Die gewählte Form des Fragebogens und die gewählten Unterteilungen der verschiedenen Parameter haben sich nach Sichtung der erhobenen Daten angeboten. Andere Formen und Unterteilungen sind denkbar. Bei der Sichtung der erhobenen Meßwerte erwies es sich als sinnlos, alle Meßwerte in den Fragebogen aufzunehmen. Für die Auswertung erschienen lediglich die ausgewählten Meßwerte als brauchbar. Auch hier ist eine andere Auswahl denkbar.

In der Literatur fand sich nur bei Koneczny (71) ein Hinweis auf EDV-Auswertung; allerdings wird das Verfahren kaum dargestellt, so daß Vergleiche zum eigenen Verfahren nicht möglich sind.

Im weiteren Verlauf dieses Abschnitts 4. werden die Ziffern der einzelnen Parameter des Fragebogens (in Klammern angegeben) häufig wiederverwendet. Ziffern, die sich auf die Literaturliste beziehen, kommen in diesem Abschnitt nicht vor.

4.1.4. Programm zur EDV-Auswertung

Mit dem Fragebogen war die Übertragung der ermittelten Daten und Meßwerte auf EDV-Datenträger problemlos möglich. Anhand der Fragestellung der Arbeit und der vorliegenden Daten wurde das folgende EDV-Programm entwickelt.

Bei der Darstellung dieses Programms fällt auf, daß bei den Programmteilen 2 bis 7 nicht alle Auswertungsmöglichkeiten genutzt werden. Diese gewählte Beschränkung erfolgte, weil

a) sich nicht alle theoretischen Korrelationen als praktisch sinnvoll erwiesen,
b) Teilbestände numerisch zu klein wurden und
c) eine vielleicht in einzelnen Punkten wünschenswerte Ausweitung des Programms nicht zu rechtfertigen war im Verhältnis zwischen nötigem Aufwand und zu erwartendem Ergebnis.

4.1.4.1. Die Verteilung der Patienten auf Untergruppen der Parameter (4) - (6) und (8) - (30) wurde numerisch und prozentual ausgedrückt (= Gesamtbestand).

4.1.4.2. Der gleiche Schritt wurde durchgeführt für die Teilbestände:

a) alle männlichen Patienten (4.1)
b) alle weiblichen Patienten (4.2)
c) alle Patienten ohne Querschnittslähmung (6.1)
d) alle Patienten mit inkompletter Querschnittslähmung (6.2)
e) alle Patienten mit kompletter Querschnittslähmung (6.3)

f) alle Patienten mit einer Wirbelkörperfraktur (10.1)
g) alle Patienten mit zwei Wirbelkörperfrakturen in Serie (10.2)
h) alle Patienten, die nicht zwei Wirbelkörperfrakturen in Serie aufwiesen (10.1 + 3 + 4)
i) alle Patienten mit dem Frakturverhalten"stabil" (11.1)
k) alle Patienten, deren Frakturverhalten nicht "stabil" war (11.2 - 4)

4.1.4.3. Alle gemessenen Wirbel wurden in Beziehung zum Frakturverhalten gesetzt (7/11), bezogen auf den Gesamtbestand, und alle Parameter-Untergruppen mit Ausnahme von (5.5), (22.3), (22.4) und (23) - (30). Als Beispiel siehe Tabelle 4 (4.2.4.1.).

4.1.4.4. Innerhalb des Gesamtbestandes wurden alle Parameter mit allen anderen Parametern in Beziehung gesetzt mit Ausnahme von (4)/(5), (4)/(8), (4)/(12) - (18), (4)/(22), (4)/(24) - (30), (5)/(12) - (14), (5)/(23) - (30), (6)/(14), (6)/(23) - (30), (8)/(14), (11)/(23), (11)/(24), (11)/(26), (12)/(23) - (30), (13)/(14), (13)/(23) - (30), (14)/(23) - (30), (15)/(18), (15)/(19), (15)/(23) - (30), (16)/(18), (16)/(19), (16)/(23) - (30), (17)/(18), (17)/(19), (17)/(23) - (30), (18)/(20), (18)/(23) - (30), (19)/(20), (19)/(23) - (30), (20)/(23) - (30), (21)/(23) - (30), (22)/(24) - (30), siehe Beispiel Tabelle 5 (4.2.4.2.1.).

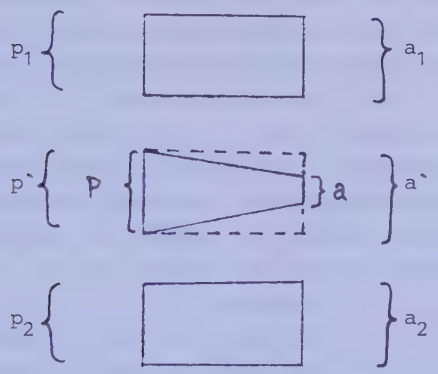
4.1.4.5. In gleicher Weise wurden für die Teilbestände (4.1)/(4.2)/ /(6.1)/(6.2)/(6.3) und (10.1) die Parameter (5)/(22), (6)/(8) und (22)/(23) ausgedruckt.

4.1.4.6. Für alle Patienten mit der Wirbelkörperfrakturart "Keilwirbel" und der Wirbelkörperfrakturanzahl "1 Wirbelfraktur" = alle (9.1) + (10.1) wurden aus den gespeicherten Meßwerten die folgenden Indices errechnet:

$$(I_a) = a/a' = 2a/(a_1 + a_2)$$
$$(I_p) = p/p' = 2p/(p_1 + p_2)$$
$$(I_s) = a/p$$

Zur Erläuterung der Formeln dient Abbildung 5.

Abbildung 5



Die errechneten Werte wurden sodann wie folgt eingeteilt:

(1) Index = 1,0 und größer
(2) Index = 0,9
(3) Index = 0,8
(4) Index = 0,7
(5) Index = 0,6
(6) Index = 0,5 und kleiner

und diese drei neuen Parameter mit den Parametern (4), (5), (6), (9), (12) - (23) und untereinander in Beziehung gesetzt, siehe Beispiel Tabelle 19 (4.2.4.4.1.) und Tabelle 24 (4.2.4.4.3.).

Angesichts der verschiedenen in der Literatur beschriebenen Verfahren - siehe 3.5. - ist es naheliegend, eines oder auch mehrere dieser Verfahren zu übernehmen.

Der anteriore Index (I_a) entspricht im wesentlichen dem Kompressionsindex nach Vinz (170). Bei der Berechnung des posterioren Index (I_p) wurde analog verfahren. Der sagittale Index (I_s) entspricht dem sagittalen Quotienten nach Beck (8) und Titze (165). Dieses Verfahren erschien zunächst ungeeignet, da hierbei eine mögliche Verkürzung der dorsalen Wirbelkörperkante vernachlässigt wird. Es zeigte sich jedoch im Verlauf der Auswertung, daß der sagittale Index (I_s) kaum andere Ergebnisse erbringt als der anteriore Index (I_a). Er erscheint schon durch die unkomplizierte Berechnung für entsprechende Untersuchungen wie die vorliegende eher geeignet als das Verfahren nach Vinz (170).

Die Berechnung des anterioren Index (I_a) wie des posterioren Index (I_p) geht davon aus, daß sich die ursprüngliche Höhe der Vorderkante des frakturierten Wirbelkörpers als arithmetisches Mittel aus der Vorderkantenhöhe des cranial und der des caudal benachbarten Wirbelkörpers ausdrücken läßt. Diese Annahme erscheint allerdings nach den Messungen von Jacobi (64) und den anthropologischen Untersuchungen von Martin und Sailer (96) fraglich (siehe

2.2., Tabelle 1). Für den sagittalen Index (Is) (Beck 8, Titze 170) stellt sich dieses Problem nicht.

Alle anderen Verfahren (Klapp et al. 70, Debrunner 28) schienen für die geplanten Verlaufskontrollen nicht geeignet. Die Winkelmeßmethoden (Debrunner, 28) hängen zu sehr ab von der Lagerung des Patienten während der Röntgenaufnahmen. Koneczny (71) stellt sein Verfahren nur unzureichend dar. Das Verfahren nach Klapp et al. (70) war zum Zeitpunkt der eigenen Messungen noch nicht veröffentlicht.

Bei der Berechnung der Indices wurde bei insgesamt 4 Patienten in 3 Fällen I_a, in 4 Fällen I_p und in 2 Fällen I_s falsch berechnet. Dieser Fehler ist zurückzuführen auf Fehler beim Ausfüllen der Fragebögen. Aus Kostengründen wurde auf eine nachträgliche Korrektur verzichtet.

4.1.4.7. Bei den Patienten der Gruppen 1 (Brustwirbelsäule ohne Querschnittslähmung) und 2 (Lendenwirbelsäule ohne Querschnittslähmung) als Teilbestand (A) und den Patienten der Gruppe 5 (Frühmobilisationsbehandlung) als Teilbestand (B) wurden entsprechend 4.1.4.4. folgende Parameter miteinander in Beziehung gesetzt:

(4)/(6), (9), (10), (11), (19), (20), (21), (22)
(5)/(6), (8) - (11), (15) - (22)
(6)/(8) - (13), (15) - (22)
(8)/(9) - (13), (15) - (22)
(9)/(10) - (13), (15) - (22)
(10)/(11) - (13), (15) - (22)

(11)/(12), (13), (15) - (22)
(12)/(15) - (22)
(13)/(15) - (22)
(14)/(15) - (22)
(15)/(16), (17), (20) - (22)
(16)/(17), (20) - (22)
(17)/(20) - (22)
(18)/(19), (21), (22)
(19)/(21), (22)
(20)/(21), (22)
(21)/(22), (22)/(23)

4.2. Ergebnisse

4.2.1. Vorbemerkung

Nach der Sichtung des umfangreichen Materials, das die EDV-Auswertung erbrachte, erwies sich nur ein vergleichsweise kleiner Teil davon als ausreichend aussagekräftig. Zudem mußte ein Teil der erhaltenen Zahlen umgerechnet werden, damit Vergleiche und Interpretationen möglich wurden. Wie dabei vorgegangen wurde, wird an den zugehörigen Stellen erläutert.

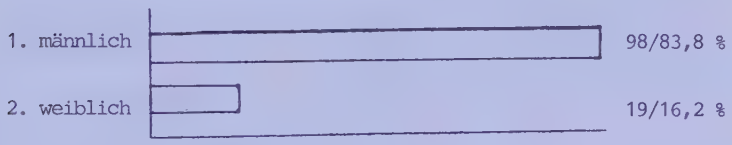
Alle Unterlagen, auf denen diese Arbeit beruht, sind in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen einzusehen.

4.2.2. Darstellung des Gesamtbestandes entsprechend 4.1.4.1.

Es ist die Verteilung auf die Parameter (4) - (6) und (8) - (30) wiedergegeben.

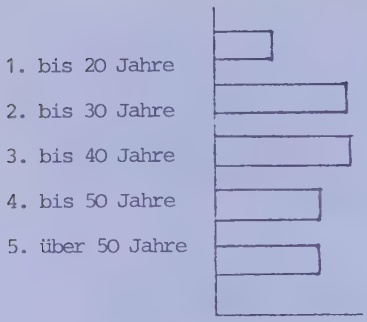
4.2.2.1. Geschlecht (4)

Diagramm 1



4.2.2.2. Alter beim Unfall (5)

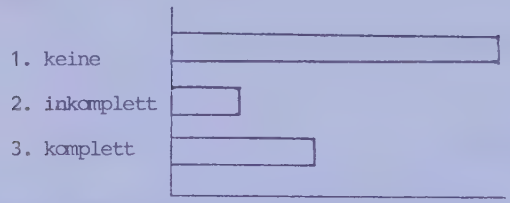
Diagramm 2



13/11,1 %
29/24,8 %
30/25,6 %
23/19,7 %
22/18,8 %

4.2.2.3. Querschnittslähmung (6)

Diagramm 3

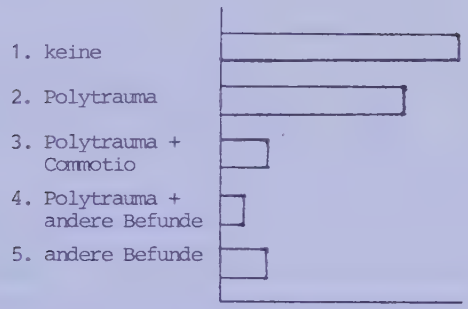


71/60,7 %
15/12,8 %
31/26,5 %

Eine exakte Trennung zwischen kompletter und inkompletter Querschnittslähmung ist im Krankenblatt nicht immer durchgeführt worden. Unter 6.2 finden sich nur Fälle, bei denen diese Diagnose im Krankenblatt ausdrücklich vermerkt war.

4.2.2.4. Zusatzbefunde (8)

Diagramm 4



"andere Befunde" sind Befunde, die nicht oder nur indirekt auf das Trauma zurückzuführen sind, wie z.B. Hypertonie, Harnwegsinfektion o.ä.

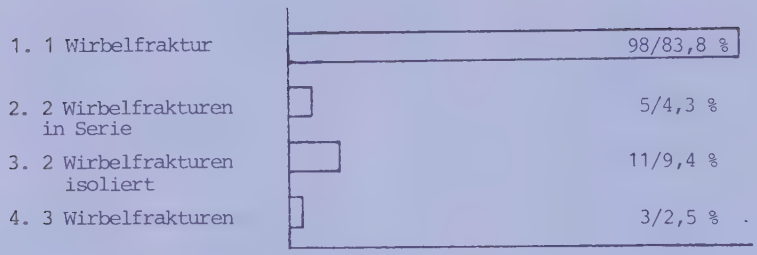
4.2.2.5. Art der Wirbelfraktur (9)

Diagramm 5

"andere" enthält auch Serienfrakturen, deren frakturierte Wirbelkörper verschiedene morphologische Erscheinungsbilder aufweisen entsprechend 9.1 - 9.3.

4.2.2.6. Anzahl der Wirbelfrakturen (10)

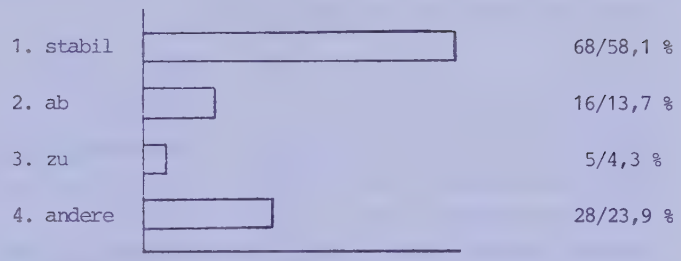
Diagramm 6



"isoliert" bedeutet, daß sich zwischen zwei frakturierten Wirbelkörpern mindestens ein nicht frakturierter Wirbelkörper befindet. Mehr als 3 Wirbelkörperfrakturen bei einem Patienten wurden nicht gefunden.

4.2.2.7. Frakturverhalten (11)

Diagramm 7



Die Einteilung nach (11) bzw. nach Schlüssel 1 beruht auf folgender Überlegung:
Wenn die Vermessung der nicht frakturierten Wirbelkörper cranial und caudal vom frakturierten Wirbelkörper auf 2 oder mehr vermessenen Röntgenbildern eines Patienten dieselben Werte ergab, so galten die Messungen am frakturierten Wirbelkörper auf denselben Röntgenbildern als vergleichbar. Als "stabil" gilt ein Wirbelkörper, dessen Meßwerte sich im Vergleich zu den Meßwerten des Anfangsröntgenbildes nicht mehr ändern. Als "ab" gilt ein Wirbelkörper, der auf einem oder mehreren der vergleichbaren Röntgenbilder eine Abnahme eines oder mehrerer Meßwerte in Bezug zum Anfangsröntgenbild auswies, als "zu" gilt entsprechend eine Zunahme eines oder mehrerer Meßwerte. Alle Fälle, in denen nur ein Röntgenbild vorhanden war und alle Fälle, bei denen eine eindeutige Zuordnung zu den Gruppen "stabil", "ab" oder "zu" nicht möglich war, finden sich in der Rubrik "andere".

Zum Vergleich konnten nur die Meßstrecken (vgl. 4.1.2.2.)

$\overline{ac}$, $\overline{bd}$, $\overline{eg}$, $\overline{fh}$, $\overline{ek}$, $\overline{AC}$, $\overline{BD}$, $\overline{EG}$, $\overline{FH}$

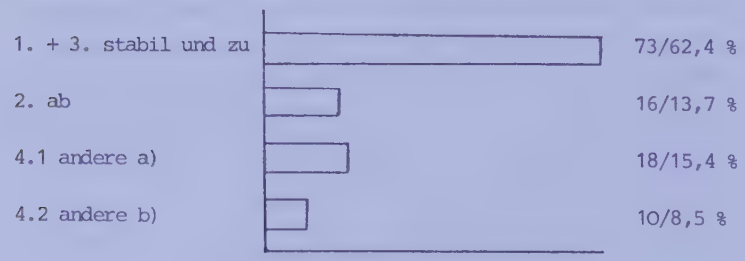
verwendet werden, da sich herausstellte, daß alle anderen vermessenen Strecken und Winkel von der individuellen Lagerung des Patienten während der Röntgenaufnahme abhängig sind.

Von den 28 Fällen = 23,9 % der Untergruppe "andere" (11.4) sind 10 Fälle = 8,5 % solche Fälle, bei denen nur ein Röntgenbild zur Auswertung herangezogen werden konnte, und 18 Fälle = 15,4 % solche, die sich den Gruppen "stabil", "ab" und "zu" (11.1 - 11.3) nicht eindeutig zuordnen ließen. Geht man davon aus, daß die Wirbelkörperfrakturen kein therapeutisches Risiko darstellen, die "stabil" (11.1) oder "zu" (11.3) sind, und faßt sie in einer Untergruppe (11.1 + 11.3) zusammen, und splittet man die Gruppe "andere" (11.4) in:

a) keine eindeutige Zuordnung (4.1) und
b) nur ein Röntgenbild auswertbar (4.2),

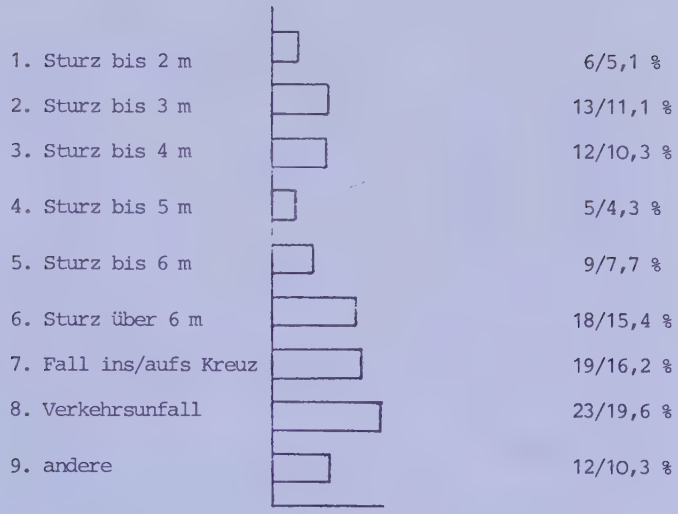
so ergibt sich folgendes Bild:

Diagramm 8



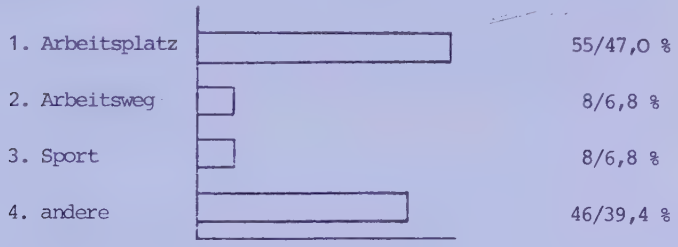
4.2.2.8. Unfallhergang (12)

Diagramm 9



4.2.2.9. Unfallort (13)

Diagramm 10



4.2.2.10. Aufnahmetag (14)

Diagramm 11

1. am Unfalltag	44/37,6 %
2. bis 14. Tag ohne Querschnittslähmung	15/12,8 %
3. bis 49. Tag ohne Querschnittslähmung	8/6,8 %
4. nach 49. Tag ohne Querschnittslähmung	7/6,0 %
5. bis 28. Tag mit Querschnittslähmung	23/19,7 %
6. bis 49. Tag mit Querschnittslähmung	4/3,4 %
7. alt	15/12,8 %
8. ohne Angabe	1/0,9 %

Die Bezeichnung "ohne Querschnittslähmung gilt nur für Fälle, die zu (6.1) gehören. Die Bezeichnung "alt" wurde immer dann verwendet, wenn die vorliegenden Daten sich der Zuordnung zu den jeweiligen Untergruppen des betreffenden Parameters durch erheblich differierende Zeitintervall-Daten entzogen.

4.2.2.11. Gymnastik (nur Querschnittsgelähmte) (15)
Gymnastik bedeutet Krankengymnastik im Bett.

Diagramm 12

1. 15. - 49. Tag	7/6,0 % (15,2 %)
2. 50. - 70. Tag	14/12,0 % (30,4 %)
3. nach 71. Tag	4/3,4 % (8,7 %)
4. ohne Angabe	21/17,9 % (45,7 %)

Bei der Darstellung der Parameter (15) - (20) ergibt die jeweilige Summe der Prozentzahlen nicht 100 %, da in diesen Parametern entweder nur die Fälle ohne Querschnittslähmungen (6.1 = 60,7 %) oder nur die Fälle mit Querschnittslähmungen (6.2 + 6.3 = 39,3 %) dargestellt werden. Die auf 100 % bezogenen Zahlen sind zusätzlich in Klammern angegeben.

Die Angaben in der Krankenakte zur Therapie waren häufig sehr spärlich. Hieraus erklärt sich bei den Parametern (15) - (23) der hohe Anteil von Fällen, die die Zuordnung "ohne Angabe" erhielten. Seit 1.1.1977 findet in der Tübinger Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik eine neue Form des Krankenblatts Verwendung, die exakte Angaben liefert.

4.2.2.12. Aufrichtung (nur Querschnittsgelähmte) (16)

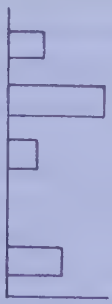
Gemeint ist die Erlaubnis zu sitzen.

Diagramm 13

1. 15. - 56. Tag	2/1,7 % (4,4 %)
2. 57. - 84. Tag	22/18,8 % (47,8 %)
3. nach 84. Tag	4/3,4 % (8,7 %)
4. ohne Angabe	18/15,4 % (39,1 %)

4.2.2.13. Gehschule (nur Querschnittsgelähmte) (17)

Diagramm 14



1. 57. - 91. Tag	8/6,8 % (17,4 %)
2. 92. - 161. Tag	20/17,1 % (43,5 %)
3. nach 190. Tag	6/5,1 % (13,0 %)
4. alt	0/0 % (0 %)
5. ohne Angabe	12/10,3 % (26,1 %)

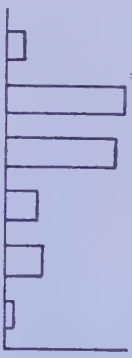
4.2.2.14. Aufstehen (nur ohne Querschnittslähmung) (18)

Diagramm 15

1. bis 21. Tag	3/2,5 % (4,2 %)
2. 22. - 49. Tag	27/23,1 % (38,1 %)
3. 50. - 84. Tag	12/10,3 % (16,9 %)
4. nach 98. Tag	3/2,6 % (4,2 %)
5. ohne Angabe	26/22,2 % (36,6 %)

4.2.2.15. Entlassen ohne Querschnittslähmung (19)

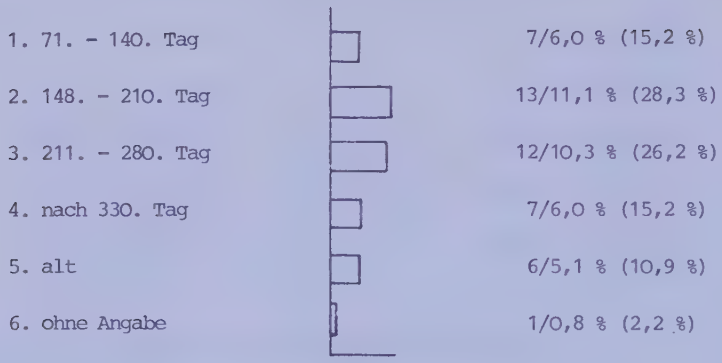
Diagramm 16



1. bis 21. Tag	4/3,4 % (5,6 %)
2. 22. - 49. Tag	26/22,2 % (36,7 %)
3. 50. - 91. Tag	24/20,5 % (33,8 %)
4. nach 98. Tag	7/6,0 % (9,8 %)
5. alt	8/6,9 % (11,3 %)
6. ohne Angabe	2/1,7 % (2,8 %)

4.2.2.16. Entlassen mit Querschnittslähmung (20)

Diagramm 17

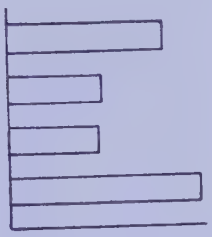


4.2.2.17. Arbeitsfähig am (21)

Diagramm 18

4.2.2.18. Minderung der Erwerbsfähigkeit (22)

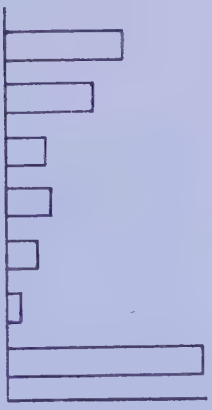
Diagramm 19



1. bis 20 %	34/29,1 %
2. 21 - 99 %	21/17,9 %
3. 100 %	20/17,1 %
4. ohne Angabe	42/35,9 %

4.2.2.19. Minderung der Erwerbsfähigkeit festgestellt (23)

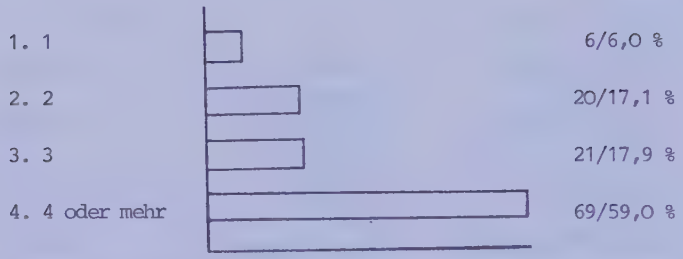
Diagramm 20



1. bis 365. Tag	26/22,2 %
2. bis 730. Tag	19/16,2 %
3. bis 1095. Tag	9/7,7 %
4. bis 1460. Tag	10/8,5 %
5. nach 1461. Tag	7/6,0 %
6. alt	3/2,6 %
7. ohne Angabe	43/36,8 %

4.2.2.20. Vorhandene Röntgenbilder (24)

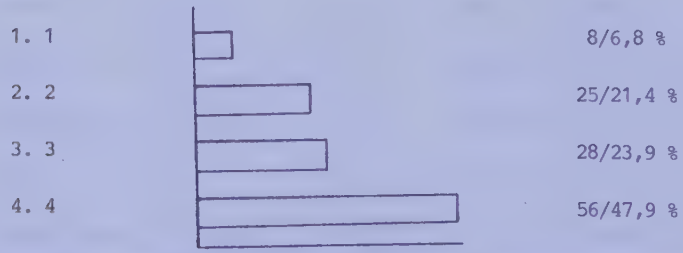
Diagramm 21



(24) gibt die Anzahl der Röntgenbilder von der Wirbelsäulenfraktur in zwei Ebenen wieder.

4.2.2.21. Auswertbare Röntgenbilder (25)

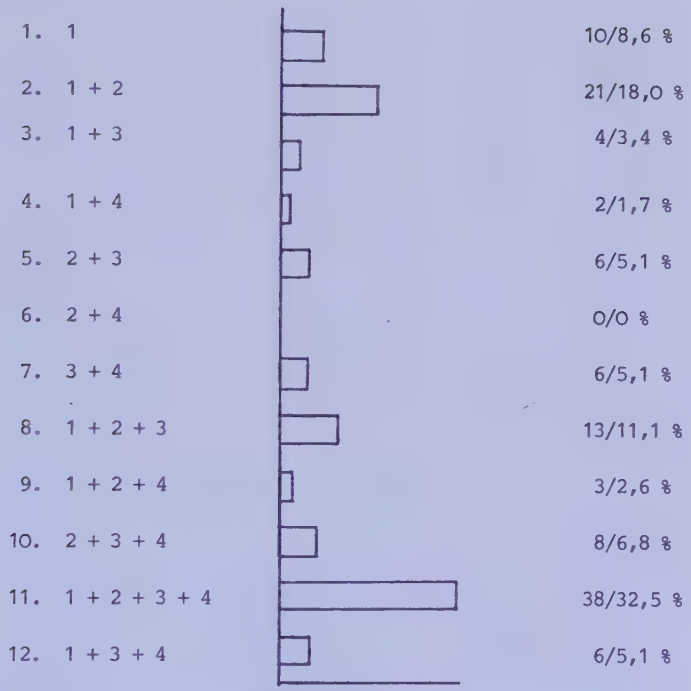
Diagramm 22



(25) gibt die Anzahl der Röntgenbilder wieder, die ausreichend genaue Meßpunkte gemäß 4.1.2.2. aufwiesen.

4.2.2.22. Verwendete Röntgenbilder (26)

Diagramm 23

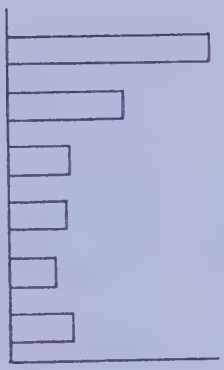


Verwendete = vergleichbare Röntgenbilder je Aufnahmeebene entsprechend (25).

Es lagen also in 1/3 der Fälle 4, in 3/5 der Fälle 3 oder 4 Röntgenbilder vor, die in der vorgesehenen Weise auswertbar waren.

4.2.2.23. Röntgenbild 1 angefertigt (27)

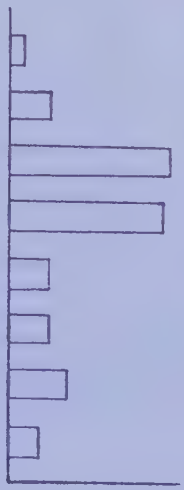
Diagramm 24



1. am Unfalltag	44/37,6 %
2. bis 7. Tag	25/21,4 %
3. bis 28. Tag	13/11,1 %
4. bis 56. Tag	12/10,3 %
5. 70. - 175. Tag	10/8,5 %
6. alt	13/11,1 %

4.2.2.24. Röntgenbild 2 angefertigt (28)

Diagramm 25



1. 1. - 7. Tag	3/2,5 %
2. 8. - 21. Tag	9/7,7 %
3. 22. - 42. Tag	35/29,9 %
4. 43. - 70. Tag	33/28,2 %
5. 71. - 98. Tag	9/7,7 %
6. nach 140. Tag	9/7,7 %
7. alt	12/10,3 %
8. kein Röntgenbild (2)	7/6,0 %

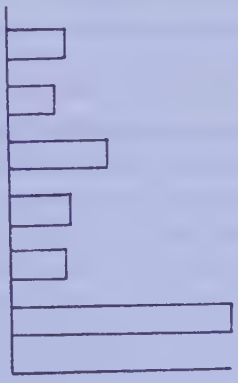
4.2.2.25. Röntgenbild 3 angefertigt (29)

Diagramm 26

1. 21. - 63. Tag	22/18,8 %
2. 64. - 105. Tag	24/20,5 %
3. 106. - 140. Tag	13/11,1 %
4. 141. - 210. Tag	15/12,8 %
5. nach 210. Tag	11/9,4 %
6. alt	4/3,4 %
7. kein Röntgenbild (3)	27/23,1 %
8. ohne Datum	1/0,9 %

4.2.2.26. Röntgenbild 4 angefertigt (30)

Diagramm 27



1. bis 182. Tag	12/10,3 %
2. bis 365. Tag	10/8,5 %
3. bis 730. Tag	21/17,9 %
4. bis 1095. Tag	14/12,0 %
5. nach 1095. Tag	12/10,3 %
6. kein Röntgenbild (4)	48/41,0 %

4.2.3. Vergleich des Gesamtbestandes mit ausgewählten Teilbeständen entsprechend 4.1.4.2.

4.2.3.1. Vorbemerkung

Aus dem vorliegenden Material der EDV-Auswertung wurden Tabellen erstellt, die einen Vergleich des Gesamtbestandes mit ausgewählten Teilbeständen und der Teilbestände untereinander ermöglichten. Hierzu wurden die absoluten Zahlen in Prozentzahlen umgerechnet. Allerdings umfassen die einzelnen Teilbestände häufig nur wenige Fälle, so daß die Aussagefähigkeit der Prozentzahlen stark schwankt.

Da sich nach der Auswertung aller Unterlagen herausstellte, daß die Befunde in den Tabellen mit den im folgenden Abschnitt 4.2.4. dargestellten Befunden übereinstimmen, wurde auf ihre Wiedergabe verzichtet. Die folgenden Tabellen 2 und 3 gehen jedoch Fragestellungen nach, die im Abschnitt 4.2.4. nicht untersucht werden konnten, und werden daher dargestellt und erläutert.

4.2.3.2. Gesamtbestand (total) und Teilbestände

Patienten ohne Querschnittslähmung (6.1)
Patienten mit inkompletter Querschnittslähmung (6.2)
Patienten mit kompletter Querschnittslähmung (6.3)

Tabelle 2 (QL = Querschnittslähmung)

	total	6.1 o.QL	6.2 inkompl.QL	6.3 kompl.QL
Fälle	117	71	15	31
(14) Aufnahmetag				
1. am Unfalltag	37,6	45,1	20,0	29,0
2. bis 14. Tag ohne QL	12,8	21,1	0	0
3. bis 49. Tag ohne QL	6,8	11,3	0	0
4. nach 49. Tag ohne QL	6,0	9,9	0	0
5. bis 28. Tag mit QL	19,7	0	66,6	42,0
6. bis 49. Tag mit QL	3,4	0	6,7	9,7
7. alt	12,8	12,7	6,7	16,1
8. ohne Angabe	0,9	0	0	3,2

Von den Fällen ohne Querschnittslähmung (6.1) wurde fast die Hälfte am Unfalltag (14.1) eingeliefert, von den Fällen mit inkompletter Querschnittslähmung (6.2) nur ein Fünftel, von den Fällen mit kompletter Querschnittslähmung (6.3) etwa ein Drittel. Nach zwei (14.2) beziehungsweise vier Wochen (14.5) waren von den Fällen ohne Querschnittslähmung (6.1) etwa zwei Drittel eingeliefert, von den Fällen mit inkompletter Querschnittslähmung (6.2) mehr als vier Fünftel, von den Fällen mit kompletter Querschnittslähmung (6.3) fast drei Viertel der Fälle.

Auf das Thema der vorliegenden Arbeit bezogen sind diese Aussagen ohne Wert. Sie zeigen aber vielleicht, daß gerade die an sich wünschenswerte schnelle Einlieferung von Wirbelsäulenverletzten mit Rückenmarksbeteiligung in eine für solche Fälle besonders gut ausgerüstete Unfallklinik nicht durchgeführt wird oder aber nicht durchgeführt werden kann.

4.2.3.3. Tabelle 3: Indices

Patienten ohne Lähmungen (6.1)
Patienten mit Lähmungen (6.2 + 6.3)

	total	6.1	6.2 + 6.3
Fälle	51	30	21
I_a.1 ≦ 1	7,8	6,7	9,5
2 = 0,9	9,8	13,3	4,9
3 = 0,8	15,7	20,0	9,5
4 = 0,7	19,6	26,7	9,5
5 = 0,6	19,6	10,0	33,3
6 ≧ 0,5	27,5	23,3	33,3
I_p.1 ≦ 1	6,7	73,3	57,2
2 = 0,9	19,6	16,7	23,8
3 = 0,8	7,8	6,7	9,5
4 = 0,7	3,9	0	9,5
5 = 0,6	0	0	0
6 ≧ 0,5	2,0	3,3	0
I_s.1 ≦ 1	0	0	0
2 = 0,9	9,8	16,7	0
3 = 0,8	7,9	13,3	0
4 = 0,7	19,6	23,3	14,2
5 = 0,6	33,3	26,7	42,9
6 ≧ 0,5	29,4	20,0	42,9

Betrachtet man alle Fälle, für die Indices berechnet wurden (total), so fällt auf:

Bei I_a sind die Untergruppen umso größer, je kleiner der zugeordnete I_a-Wert ist. Nur in etwa 1/4 der Fälle beträgt also die Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante 50 % oder mehr.

I_p ist in mehr als 85 % aller Fälle 0,9 oder größer (I_p.1+2). Die frakturbedingte Verkürzung der Wirbelkörperhinterkante ist also sehr selten.

I_s ist nie größer als 0,9 (I_s.2-6). Die Wirbelkörperhinterkante ist also bei frakturierten Wirbelkörpern immer länger als die Wirbelkörpervorderkante. Eine Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante um 50 % oder mehr findet sich in nicht ganz 30 % der Fälle.

Die Befunde bei I_a und I_p widersprechen den Befunden bei I_s nicht. Die Befunde bei I_a und I_s entsprechen einander.

Bei den Fällen ohne (6.1) bzw. mit (6.2 + 3) Rückenmarksbeteiligung ergibt sich folgendes:

Nur etwa ein Drittel der Fälle ohne Rückenmarksbeteiligung (6.1) weist eine Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante um 40 % und mehr auf (I_a.5+6). Bei den Fällen mit Rückenmarksbeteiligung (6.2+3) sind dies jedoch 2/3 der Fälle (I_a.5+6).

Aus den Werten für I_s ist dies nicht so deutlich herzuleiten. Aber auch hier ist ersichtlich, daß die morphologische Veränderung des Wirbelkörpers bei den Fällen mit Rückenmarksbeteiligung (6.2+3) erheblich größer ist als bei den Fällen ohne Rückenmarksbeteiligung (6.1). Dies läßt sich sogar für I_p herleiten, wenn man I_p.1 und I_p.2 getrennt betrachtet.

Zusammengefaßt läßt sich erwartungsgemäß ableiten, daß eine Verletzung des Rückenmarks fast immer mit einer erheblichen Verletzung des Wirbelkörpers einhergeht, während eine schwere Verletzung des Wirbelkörpers auch ohne Rückenmarksverletzung beobachtet wird.

4.2.4. Darstellung der Gegenüberstellungen entsprechend 4.1.4.3 - 7

Es werden im folgenden aus naheliegenden Gründen nur solche Gegenüberstellungen erläutert, die, bezogen auf das Thema dieser Arbeit, subjektiv aussagefähig erscheinen.

Die ursprünglich geplante Konzeption, Darstellung und Diskussion der Ergebnisse streng voneinander zu trennen, ließ sich nicht realisieren wegen der großen Anzahl von Einzelergebnissen. Im gesamten Abschnitt 4.2.4. werden daher die vorgestellten Ergebnisse auch gleich interpretiert und diskutiert, um die Übersichtlichkeit zu verbessern.

4.2.4.1. Gegenüberstellungen entsprechend 4.1.4.3.

Tabelle 4

		Frakturverhalten stabil	ab	zu	andere	
	(11)	1	2	3	4	Summen
(7)	D 4	1	0	0	0	1
	D 5	3	1	0	0	4
	D 6	3	0	0	2	5
	D 7	2	1	0	0	3
	D 8	0	0	0	1	1
	D 9	0	1	0	1	2
	D 10	2	0	1	1	4
	D 11	2	0	0	1	3
	D 12	18	6	3	5	32
	L 1	29	8	1	13	51
	L 2	15	1	3	3	22
	L 3	7	2	0	0	9
	L 4	1	0	0	1	2
Summen		83	20	8	28	139

Stellt man die frakturierten Wirbel nach ihrer Höhenlokalisation (7) dar, ergibt sich die hinreichend bekannte Häufung im Bereich D 12 - - L 2 (Gurlt, 49/Perlmutter, 118/Hopf, 59 u.v.a.). Untersucht man die Verteilung der frakturierten Wirbelkörper bezogen auf das Frakturverhalten (11), ergibt sich, daß fast 60 % der frakturierten Wirbelkörper "stabil" (11.1) sind. Nimmt man die Wirbel mit dem Frakturverhalten "stabil" (11.1) und "zu" (11.3) zusammen, sind es mehr als 65 % (vergleiche auch 4.2.2.7.).

4.2.4.2. Gegenüberstellungen entsprechend 4.1.4.4.

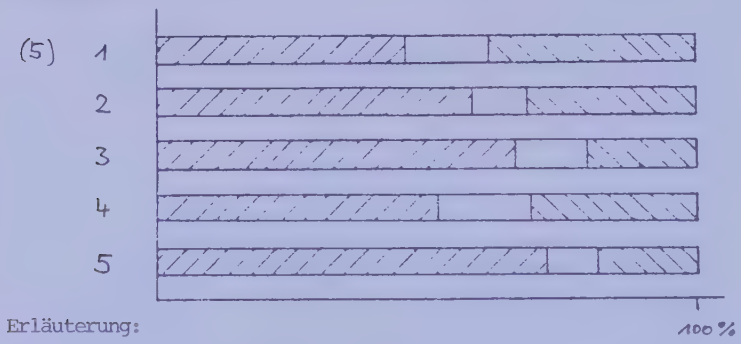
4.2.4.2.1. Alter beim Unfall (5)/Querschnittslähmung (6)

Tabelle 5

	(6)	1	2	3	Summen
(5)	1	6	2	5	13
	2	17	3	9	29
	3	20	4	6	30
	4	12	4	7	23
	5	16	2	4	22
Summen		71	15	31	117

Aus dieser Tabelle läßt sich das folgende Diagramm ableiten:

Diagramm 28



Erläuterung:

(5) 1 Alter bis 20 Jahre (13 Fälle = 100 %)
2 Alter bis 30 Jahre (29 Fälle = 100 %)
3 Alter bis 40 Jahre (30 Fälle = 100 %)
4 Alter bis 50 Jahre (23 Fälle = 100 %)
5 Alter über 50 Jahre (22 Fälle = 100 %)

(6) 1 keine Querschnittslähmung

2 inkomplette Querschnittslähmung

3 komplette Querschnittslähmung

Hiernach scheint mit zunehmendem Patientenalter das Auftreten neurologischer Erscheinungen abzunehmen.

Nach den Arbeiten von Derlath (30), Sonoda (155) und Plaue (121, 126 - 128) nimmt mit steigendem Patientenalter die Tragfähigkeit des Wirbelkörpers ab. Es wäre also bei steigendem Alter auch mit einer stärkeren Reduzierung der Höhe der Wirbelkörpervorderkante zu rechnen. Nach 4.2.3.3. erleiden Fälle mit stark reduzierter Höhe der Wirbelkörpervorderkante zudem eher eine Verletzung des Rückenmarks. Nach 4.2.4.2.2. werden zwar mit steigendem Patientenalter die Formen der Wirbelkörperfrakturen komplizierter, allerdings treten hierbei aber die Deckplatteneinbrüche in den Vordergrund. Und nach 4.2.4.2.5. erhöhen Deckplatteneinbrüche das Risiko einer Rückenmarksverletzung kaum.

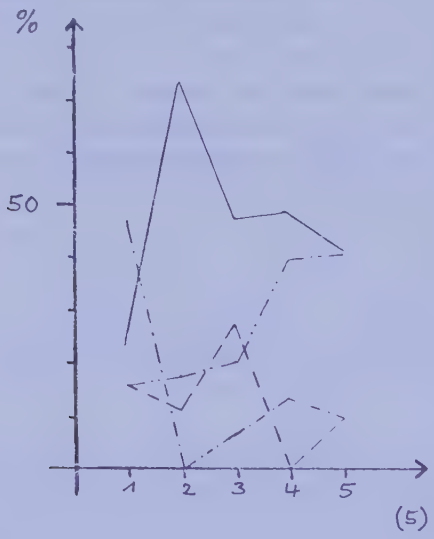
4.2.4.2.2. Alter beim Unfall (5)/Art der Wirbelfraktur (9)

Tabelle 6

	(9)	1	2	3	4	Summen
(5)	1	3	2	2	6	13
	2	21	3	5	0	29
	3	14	8	6	2	30
	4	11	0	9	3	23
	5	9	2	9	2	22
Summen		58	15	31	13	117

Es leitet sich das folgende Diagramm ab:

Diagramm 29



Erläuterung:

(5) 1 Alter bis 20 Jahre (13 Fälle = 100 %)
2 Alter bis 30 Jahre (29 Fälle = 100 %)
3 Alter bis 40 Jahre (30 Fälle = 100 %)
4 Alter bis 50 Jahre (23 Fälle = 100 %)
5 Alter über 50 Jahre (22 Fälle = 100 %)

(9) 1 Keilwirbel
2 Keilwirbel mit Vorderkantenabscherung
3 Keilwirbel mit Deckplatteneinbruch
4 andere

Mit steigendem Alter nimmt die Anzahl der Fälle mit einfachen Keilwirbelfrakturen (9.1) ab, die Anzahl der Deckplatteneinbrüche (9.3) hingegen zu. Vorderkantenabscherungen (9.2) finden sich zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr (5.3) gehäuft.

Das Auftreten komplizierterer Formen der Wirbelkörperfrakturen mit steigendem Patientenalter ist nach den Arbeiten von Derlath (30), Sonoda (155) und Plaue (121, 126 - 128) zu erwarten, wobei weniger die Abscherung der Wirbelkörpervorderkante erfolgt als vielmehr das Einbrechen der Deckplatte mit all seinen Folgen für die Frakturheilung (Lob, 85, 87/Aufdermaur, 5/Melzer, 100/Memmi, 103).

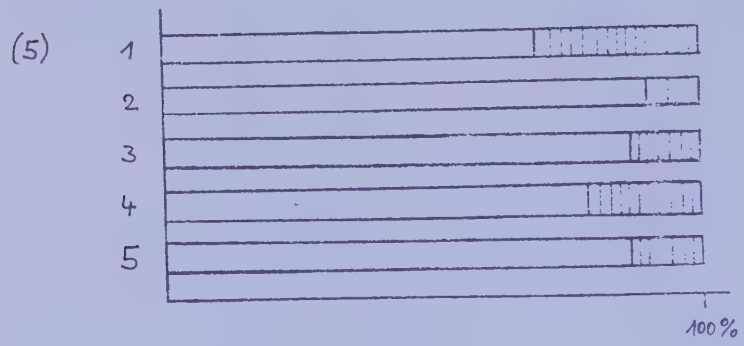
4.2.4.2.3. Alter beim Unfall (5)/Anzahl der Wirbelfrakturen (10)

Tabelle 7

	(10)	1	2	3	4	Summen
(5)	1	9	3	0	1	13
	2	26	0	3	0	29
	3	26	1	2	1	30
	4	18	1	3	1	23
	5	19	0	3	0	22
Summen		98	5	11	3	117

Es leitet sich das folgende Diagramm ab:

Diagramm 30



(5) 1 Alter bis 20 Jahre (13 Fälle = 100 %)
2 Alter bis 30 Jahre (29 Fälle = 100 %)
3 Alter bis 40 Jahre (30 Fälle = 100 %)
4 Alter bis 50 Jahre (23 Fälle = 100 %)
5 Alter über 50 Jahre (22 Fälle = 100 %)

(10) 1 1 Wirbelfraktur
2 2 Wirbelfrakturen in Serie
3 2 Wirbelfrakturen isoliert
4 3 Wirbelfrakturen

Es scheint zwischen dem Alter der Patienten und der Anzahl der Wirbelkörperfrakturen keine eindeutige Beziehung zu bestehen.

Offensichtlich begünstigt die reduzierte Tragfähigkeit der Wirbelkörper im Alter (Plaue, 121) nicht das Auftreten von Mehrfachfrakturen der Wirbelsäule. Unter der Wucht des Traumas bricht wohl zunächst der "schwächste" Wirbelkörper zusammen und verzehrt dabei so viel Energie, daß die verbleibende Energie nicht ausreicht, weitere Wirbelkörper zusammenzustauchen, auch wenn deren Tragfähigkeit ebenfalls reduziert ist.

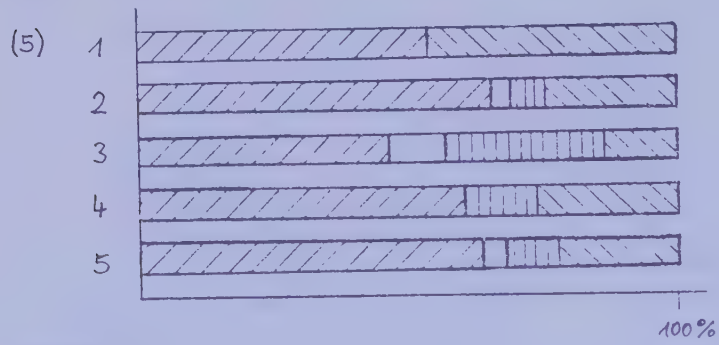
4.2.4.2.4. Alter beim Unfall (5)/Frakturverhalten (11)

Tabelle 8

	(11)	1	2	3	4	Summen
(5)	1	7	0	0	6	13
	2	19	2	1	7	29
	3	14	9	3	4	30
	4	14	3	0	6	23
	5	14	2	1	5	22
Summen		68	16	5	28	117

Es leitet sich das folgende Diagramm ab:

Diagramm 31



Erläuterung:

(5) 1 Alter bis 20 Jahre (13 Fälle = 100 %)
2 Alter bis 30 Jahre (29 Fälle = 100 %)
3 Alter bis 40 Jahre (30 Fälle = 100 %)
4 Alter bis 50 Jahre (23 Fälle = 100 %)
5 Alter über 50 Jahre (22 Fälle = 100 %)

(11) 1 Frakturverhalten "stabil"

2 Frakturverhalten "ab"

3 Frakturverhalten "zu"

4 Frakturverhalten "andere"

Auch die Stabilität der Wirbelkörper scheint nicht altersabhängig zu sein. Unabhängig davon, ob die Wirbelkörpertragfähigkeit reduziert ist oder nicht, ändert sich die nach dem Trauma eingetretene Verformung des Wirbelkörpers nur im Sinne physiologischer Anpassung. Eine sekundäre Sinterung bleibt selten. Auch wenn es bei älteren Patienten öfter zu einer ausgeprägten Keilform (4.2.4.3.1.) verbunden mit Einbrüchen der Deckplatten (4.2.4.2.2.) kommt, wird hierdurch die Tragfähigkeit des frakturierten Wirbelkörpers in der "sekundären Druckanstiegsphase" (Lob, 87/Plaue, 120) nicht beeinflußt.

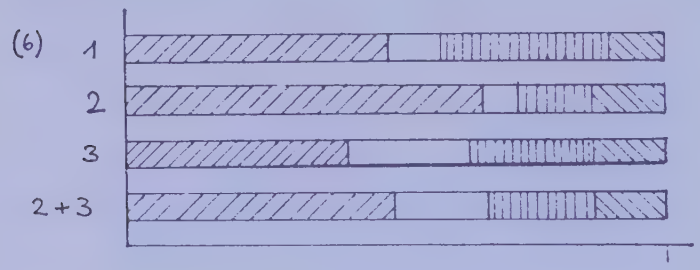
4.2.4.2.5. Querschnittslähmung (6)/Art der Wirbelfraktur (9)

Tabelle 9

	(9)	1	2	3	4	Summen
(6)	1	35	7	22	7	71
	2	10	1	2	2	15
	3	13	7	7	4	31
Summen		58	15	31	13	117

Es leitet sich das folgendes Diagramm ab:

Diagramm 32



Erläuterung:

(6) 1 keine Querschnittslähmung (71 Fälle = 100 %)
2 inkomplette Querschnittslähmung (15 Fälle = 100 %)
3 komplette Querschnittslähmung (31 Fälle = 100 %)
2 + 3 Querschnittslähmungen (46 Fälle = 100 %)

(9) 1 Keilwirbelfraktur

2 Keil und Vorderkante

3 Keil und Deckplatte

4 andere

Reine Keilwirbel (9.1) machen bei den Gruppen ohne (6.1) und mit (6.2 + 3) Rückenmarksbeteiligung etwa 50 % der Fälle aus.

Deckplatteneinbrüche (9.3) finden sich in der Gruppe ohne Rückenmarksbeteiligung (6.1) in etwa einem Drittel der Fälle, in der Gruppe mit Rückenmarksbeteiligung (6.2 + 3) in etwa einem Fünftel der Fälle. Offensichtlich bilden Deckplatteneinbrüche somit für das Auftreten von Lähmungserscheinungen nur ein geringes Risiko.

Demgegenüber erhöht die Abscherung der Wirbelkörpervorderkante (9.2) das Lähmungsrisiko, denn bei den Fällen mit neurologischen Erscheinungen (6.2 + 3) finden sich Vorderkantenabscherungen doppelt so oft wie bei Fällen ohne solche Erscheinungen (6.1).

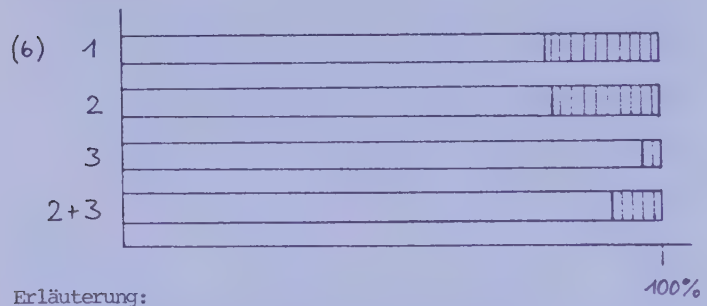
4.2.4.2.6. Querschnittslähmung (6)/Anzahl der Wirbelkörperfrakturen (10)

Tabelle 10

	(10)	1	2	3	4	Summen
(6)	1	56	4	9	2	71
	2	12	1	2	0	15
	3	30	0	0	1	31
Summen		98	5	11	3	117

Es leitet sich das folgende Diagramm ab:

Diagramm 3 3



Erläuterung:

(6) 1 keine Querschnittslähmung (71 Fälle = 100 %)
2 inkomplette Querschnittslähmung (15 Fälle = 100 %)
3 komplette Querschnittslähmung (31 Fälle = 100 %)
2 + 3 Querschnittslähmungen (46 Fälle = 100 %)

(10) 1 1 Wirbelfraktur
2 2 Wirbelfrakturen in Serie
3 2 Wirbelfrakturen isoliert
4 3 Wirbelfrakturen

Zwischen der Anzahl der Wirbelfrakturen und dem Auftreten von Querschnittslähmung scheint kein Zusammenhang zu bestehen.

Wahrscheinlich verteilt sich bei Fällen mit mehr als einer Wirbelkörperfraktur (10.2 - 4) die einwirkende Kraft gleichmäßiger auf die betroffenen Wirbelkörper.

Dadurch wird die Verformung des einzelnen Wirbelkörpers geringer, das Auftreten von Lähmungen wird seltener.

Nach 4.2.4.2.9. finden sich Vorderkantenabscherungen (9.2), die zusammen mit Lähmungen besonders gehäuft vorkommen, nicht bei Fällen mit mehr als einer Wirbelfraktur (10.2 - 4).

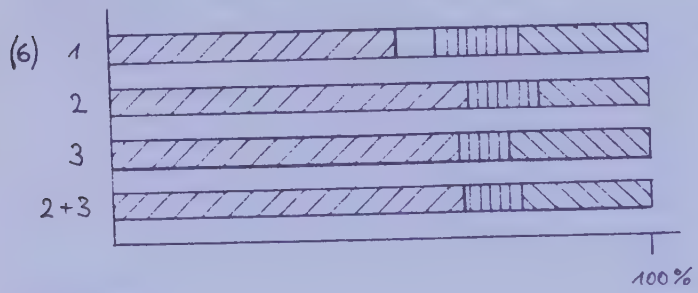
4.2.4.2.7. Querschnittslähmung (6)/Frakturverhalten (11)

Tabelle 11

	(11)	1	2	3	4	Summen
(6)	1	38	11	5	17	71
	2	10	2	0	3	15
	3	20	3	0	8	31
Summen		68	16	5	28	117

Es läßt sich folgendes Diagramm ableiten:

Diagramm 34



Erläuterung:

(6) 1 keine Querschnittslähmung (71 Fälle = 100 %)
2 inkomplette Querschnittslähmung (15 Fälle = 100 %)
3 komplette Querschnittslähmung (31 Fälle = 100 %)
2 + 3 Querschnittslähmungen (46 Fälle = 100 %)

(11) 1 Frakturverhalten stabil

3 Frakturverhalten zu

2 Frakturverhalten ab

4 andere

Das Frakturverhalten "zu" (11.3) findet sich nur bei Fällen ohne Querschnittslähmung. Rechnet man diese Fälle zu den Fällen mit dem Frakturverhalten "stabil" (11.1), zeigt sich, daß zwischen den Fällen ohne neurologische Beteiligung (6.1) und den Fällen mit neurologischer Beteiligung (6.2 + 3) kein wesentlicher Unterschied in Bezug auf das Frakturverhalten besteht.

Auch hier wird das Verhalten des Wirbelkörpers nach dem Trauma bestimmt durch die "sekundäre Druckanstiegsphase" (Plaue, 120/Lob, 87). So kommt es auch bei Querschnittsgelähmten trotz der fehlenden muskulären Sicherung der Wirbelsäule nicht häufiger zu einer sekundären Sinterung des frakturierten Wirbelkörpers.

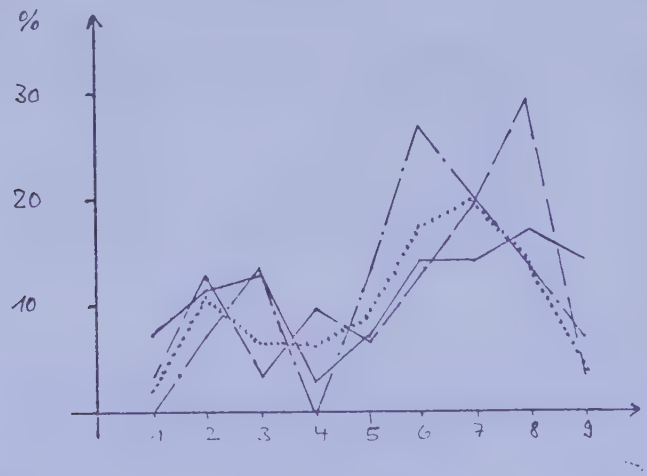
4.2.4.2.8. Querschnittslähmung (6)/Unfallhergang (12)

Tabelle 12

	(12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summen
(6)	1	5	8	9	2	5	10	10	12	10	71
	2	0	1	2	0	2	4	3	2	1	15
	3	1	4	1	3	2	4	6	9	1	31
Summen		6	13	12	5	9	18	19	23	12	117

Es leitet sich das folgende Diagramm ab:

Diagramm 35



Erläuterung:

(6) 1 keine Querschnittslähmung (71 Fälle = 100 %) ———
2 inkomplette Querschnittslähmung (15 Fälle = 100 %) —·—
3 komplette Querschnittslähmung (31 Fälle = 100 %) — — —
2 + 3 Querschnittslähmungen (46 Fälle = 100 %) .....

(12) 1 Sturz bis 2 m
2 Sturz bis 3 m
3 Sturz bis 4 m
4 Sturz bis 5 m
5 Sturz bis 6 m
6 Sturz über 6 m
7 Fall aufs/ins Kreuz
8 Verkehrsunfall
9 andere

Bei den Fällen mit Lähmungen (6.2 + 3) sind Stürze über 6 m (12.6) und der Fall aufs/ins Kreuz (12.7) besonders häufig. Bei den Fällen mit kompletter Querschnittslähmung (6.3) sind Verkehrsunfälle (12.8) fast doppelt so häufig wie bei den Fällen ohne Querschnittslähmung (6.1).

Fälle ohne Lähmungen sind hingegen auf die einzelnen Arten des Unfallhergangs (12) recht gleichmäßig verteilt.

Erwartungsgemäß treten demnach bei komplexem Unfallgeschehen, also großer Wucht des Traumas, häufig Lähmungen auf.

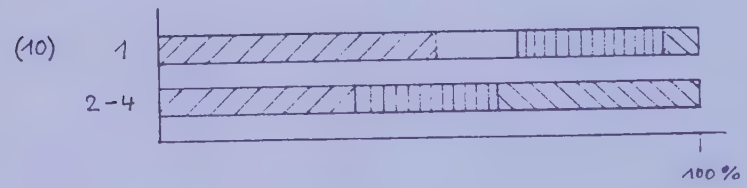
4.2.4.2.9. Art der Wirbelfraktur (9)/Anzahl der Wirbelfrakturen (10)

Tabelle 13

	(10)	1	2	3	4	Summen
(9)	1	51	0	6	1	58
	2	15	0	0	0	15
	3	26	3	2	0	31
	4	6	2	3	2	13
Summen		98	5	11	3	117

Es läßt sich folgendes Diagramm ableiten:

Diagramm 36



(9) 1 Keilwirbelfraktur

2 Keil und Vorderkante

3 Keil und Deckplatte

4 andere

(10) 1 1 Wirbelfraktur (98 Fälle = 100 %)

2 2 Wirbelfrakturen in Serie
3 2 Wirbelfrakturen isoliert } (19 Fälle = 100 %)
4 3 Wirbelfrakturen

Vorderkantenabscherungen (9.2) finden sich nur bei Fällen mit einer Wirbelfraktur (10.1). In dieser Gruppe (10.1) machen reine Keilwirbel (9.1) etwa die Hälfte der Fälle aus. Der Anteil der Deckplatteneinbrüche (9.3) ist in den Fällen mit einer Wirbelfraktur (10.1) so groß wie in den Fällen mit mehr als einer Wirbelfraktur (10.2 - 4). In dieser Gruppe (10.2 - 4) beträgt der Anteil der Fälle mit reinem Keilwirbel (9.1) nur etwa ein Drittel.

Komplizierte Formen des Wirbelkörperbruchs (9.4) sind also bei Fällen mit mehr als einem betroffenen Wirbel (10.2 - 4) erwartungsgemäß häufiger.

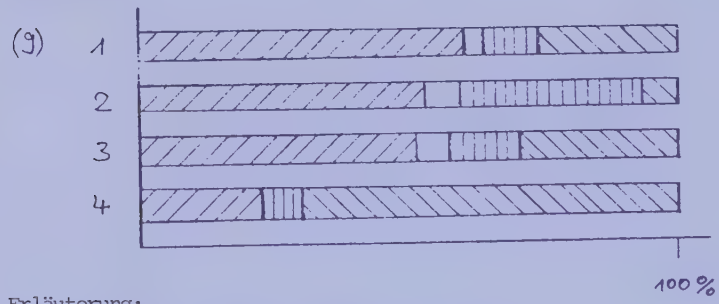
4.2.4.2.10. Art der Wirbelfraktur (9)/Frakturverhalten (11)

Tabelle 14

	(11)	1	2	3	4	Summen
(9)	1	41	6	2	9	58
	2	8	5	1	1	15
	3	16	4	2	9	31
	4	3	1	0	9	13
Summen		68	16	5	28	117

Es läßt sich folgendes Diagramm ableiten:

Diagramm 37



Erläuterung:

(9) 1 Keilwirbelfraktur (58 Fälle = 100 %)
2 Keil und Vorderkante (15 Fälle = 100 %)
3 Keil und Deckplatte (31 Fälle = 100 %)
4 andere (13 Fälle = 100 %)

(11) 1 Frakturverhalten stabil

3 Frakturverhalten zu

2 Frakturverhalten ab

4 andere

Reine Keilwirbel (9.1) erscheinen am stabilsten. Vorderkantenabbrüche (9.2) und Deckplatteneinbrüche (9.3) sind annähernd gleich stabil. Die kompliziertesten Wirbelkörperfrakturen (9.4) besitzen am wenigsten Stabilität.

Allerdings ist bei den Vorderkantenabscherungen (9.2) der Anteil der Fälle mit nachfolgender Formveränderung (11.2) extrem hoch. In Bezug auf sekundäre Formveränderung stellt also eine Wirbelkörperfraktur mit Vorderkantenabscherung ein Risiko dar.

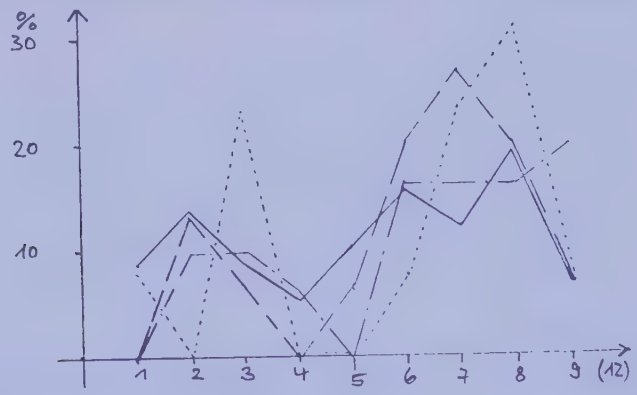
4.2.4.2.11. Art der Wirbelfraktur (9)/Unfallhergang (12)

Tabelle 15

	(12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summen
(9)	1	5	8	5	3	6	9	7	11	4	58
	2	0	2	1	0	1	3	4	3	1	15
	3	0	3	3	2	2	5	5	5	6	31
	4	1	0	3	0	0	1	3	4	1	13
Summen		6	13	12	5	9	18	19	23	12	117

Es läßt sich folgendes Diagramm ableiten:

Diagramm 38



Erläuterung:

(9) 1 Keilwirbelfraktur (58 Fälle = 100 %) ——————
2 Keil und Vorderkante (15 Fälle = 100 %) — — —
3 Keil und Deckplatte (31 Fälle = 100 %) — · —
4 andere (13 Fälle = 100 %) .....

(12) 1 Sturz bis 2 m
2 Sturz bis 3 m
3 Sturz bis 4 m
4 Sturz bis 5 m
5 Sturz bis 6 m
6 Sturz über 6 m
7 Fall aufs/ins Kreuz
8 Verkehrsunfall
9 andere

Deckplatteneinbrüche (9.3) scheinen mit komplexer werdendem Unfallhergang (12.6 - 9) zuzunehmen, Vorderkantenabscherungen (9.2) treten besonders häufig auf beim "Fall aufs/ins Kreuz" (12.7) sowie beim "Sturz über 6 m" (12.6) und beim "Verkehrsunfall" (12.8).

Das Ausmaß der Wirbelkörperfraktur wird also vom Unfallhergang eindeutig beeinflußt.

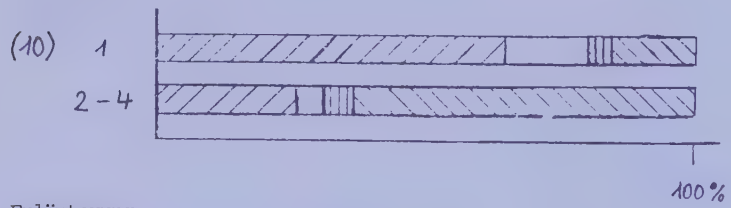
4.2.4.2.12. Anzahl der Wirbelfrakturen (10)/Frakturverhalten (11)

Tabelle 16

	(11)	1	2	3	4	Summen
(10)	1	63	15	4	16	98
	2	2	0	0	3	5
	3	3	1	1	6	11
	4	0	0	0	3	3
Summen		68	16	5	28	117

Es läßt sich folgendes Diagramm ableiten:

Diagramm 39



Erläuterung:

(10) 1 1 Wirbelfraktur (98 Fälle = 100 %)
2 2 Wirbelfrakturen in Serie
3 2 Wirbelfrakturen isoliert } (19 Fälle = 100 %)
4 3 Wirbelfrakturen

(11) 1 Frakturverhalten stabil

3 Frakturverhalten zu

2 Frakturverhalten ab

4 andere

Fälle mit einer Wirbelfraktur (10.1) sind deutlich stabiler (11.1/11.1 + 3) als Fälle mit mehr als einer Wirbelfraktur (10.2 - 4).

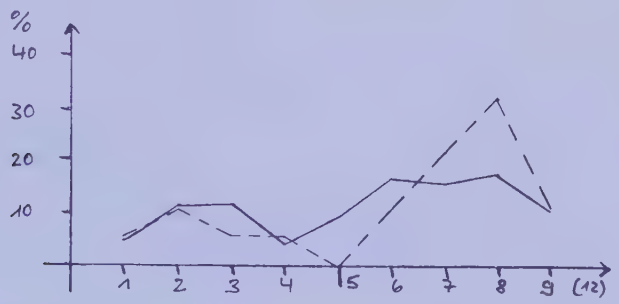
4.2.4.2.13. Anzahl der Wirbelfrakturen (10)/Unfallhergang (12)

Tabelle 17

	(12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summen
(10)	1	5	11	11	4	9	16	15	17	10	98
	2	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
	3	1	2	1	0	0	1	3	3	0	11
	4	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
Summen		6	13	12	5	9	18	19	23	12	117

Es leitet sich folgendes Diagramm ab:

Diagramm 40



Erläuterung:

(10) 1 1 Wirbelfraktur (98 Fälle = 100 %) ——
2 2 Wirbelfrakturen in Serie
3 2 Wirbelfrakturen isoliert } (19 Fälle = 100 %) — —
4 3 Wirbelfrakturen

(12) 1 Sturz bis 2 m
2 Sturz bis 3 m
3 Sturz bis 4 m
4 Sturz bis 5 m
5 Sturz bis 6 m
6 Sturz über 6 m
7 Fall aufs/ins Kreuz
8 Verkehrsunfall
9 andere

Bei den Verkehrsunfällen (12.8) sind die Fälle mit mehr als einer Wirbelfraktur (10.2 - 4) deutlich häufiger gegenüber der Zahl der Fälle mit einer Wirbelfraktur (10.1).

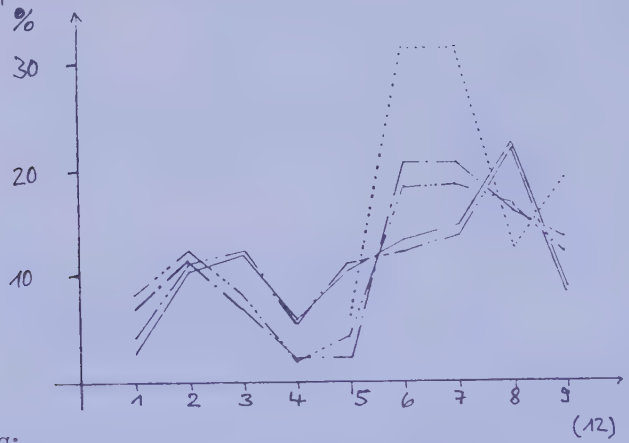
4.2.4.2.14. Frakturverhalten (11)/Unfallhergang (12)

Tabelle 18

	(12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summen
(11)	1	2	7	8	4	7	9	10	15	6	68
	2	0	0	0	0	1	5	5	2	3	16
	3	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
	4	3	5	3	1	0	4	4	5	3	28
Summen		6	13	12	5	9	18	19	23	12	117

Es ergibt sich folgendes Diagramm:

Diagramm 41



Erläuterung:

(11) 1 Frakturverhalten stabil (68 Fälle = 100 %) ——
2 Frakturverhalten ab (16 Fälle = 100 %) .....
3 Frakturverhalten zu (5 Fälle = 100 %)
4 Frakturverhalten andere (28 Fälle = 100 %)
1 + 3 Frakturverhalten stabil und zu (73 Fälle = 100 %) —··—
2 + 4 Frakturverhalten ab und andere (44 Fälle = 100 %) —·—
2 - 4 Frakturverhalten nicht stabil (49 Fälle = 100 %) ——··—

(12) 1 Sturz bis 2 m
2 Sturz bis 3 m
3 Sturz bis 4 m
4 Sturz bis 5 m
5 Sturz bis 6 m
6 Sturz über 6 m
7 Fall aufs/ins Kreuz
8 Verkehrsunfall
9 andere

Es springt vor allem ins Auge, daß Fälle mit sekundärer Sinterung (11.2) besonders häufig bei Stürzen über 6 m (12.6) und beim Fall ins oder aufs Kreuz (12.7) auftreten.

Nach 4.2.4.2.11. werden hier aber auch besonders häufig Vorderkantenabscherungen angetroffen, die für eine sekundäre Verformung nach 4.2.4.2.5. ein besonderes Risiko darstellen, womit der Kreis sich schließt.

4.2.4.3. Gegenüberstellung entsprechend 4.1.4.6.

4.2.4.3.1. Alter beim Unfall (5)/(I_a) und Alter beim Unfall (5)/(I_s)

Tabelle 19

	(5)	1	2	3	4	5	Summen
(I_a)	1	0	2	1	1	0	4
	2	0	2	2	1	0	5
	3	1	4	1	2	0	8
	4	1	3	4	0	2	10
	5	1	1	1	4	3	10
	6	0	6	2	2	4	14
Summen		3	18	11	10	9	51

Tabelle 20

	(5)	1	2	3	4	5	Summen
(I_s)	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	2	2	0	5
	3	0	3	1	0	0	4
	4	2	4	2	2	0	10
	5	1	3	5	4	4	17
	6	0	7	1	2	5	15
Summen		3	18	11	10	9	51

Erläuterung:

(5) 1 Alter bis 20 Jahre
2 Alter bis 30 Jahre
3 Alter bis 40 Jahre
4 Alter bis 50 Jahre
5 Alter über 50 Jahre

$I_a = I_s$ .1 = 1 und größer
2 = 0,9
3 = 0,8
4 = 0,7
5 = 0,6
6 = 0,5 und kleiner

Es fällt bei beiden Tabellen auf, daß bei den Fällen über 50 Jahre (5.5) die Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante mindestens 30 % (I_a.4 - 6) bzw. 40 % (I_s.5 + 6) beträgt. Dieser Befund deckt sich mit Plaues (121) und Sonodas (155) Ergebnissen.

4.2.4.3.2. Frakturverhalten (11)/(I_a), Frakturverhalten (11)/(I_s) und Frakturverhalten (11)/(I_p)

Tabelle 21

	(11)	1	2	3	4	Summen
(I_a)	1	3	1	0	0	4
	2	3	2	0	0	5
	3	8	0	0	0	8
	4	8	1	0	1	10
	5	9	0	0	1	10
	6	8	2	1	3	14
Summen		39	6	1	5	51

Tabelle 22

	(11)	1	2	3	4	Summen
(I_s)	1	0	0	0	0	0
	2	4	1	0	0	5
	3	2	2	0	0	4
	4	10	0	0	0	10
	5	11	2	1	3	17
	6	12	1	0	2	15
Summen		39	6	1	5	51

Tabelle 23

	(11)	1	2	3	4	Summen
(I_p)	1	27	4	0	3	34
	2	7	2	0	1	10
	3	2	0	1	1	4
	4	2	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	0
	6	1	0	0	0	1
Summen		39	6	1	5	51

Es leiten sich folgende Diagramme ab:

Diagramm 42

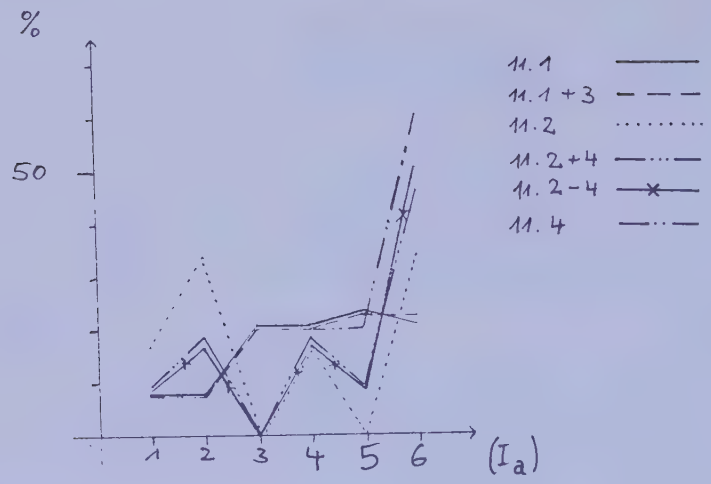


Diagramm 43

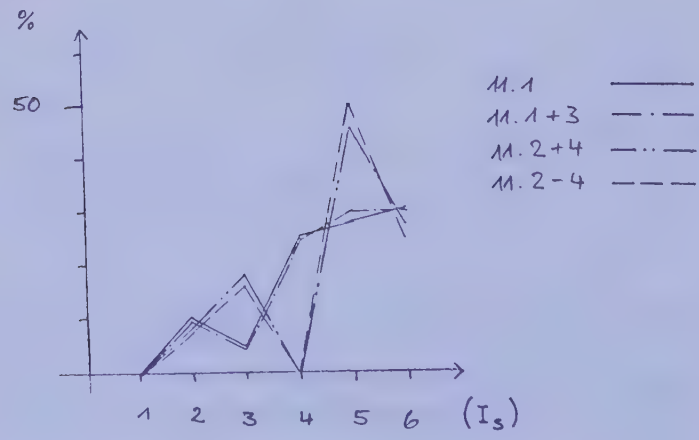
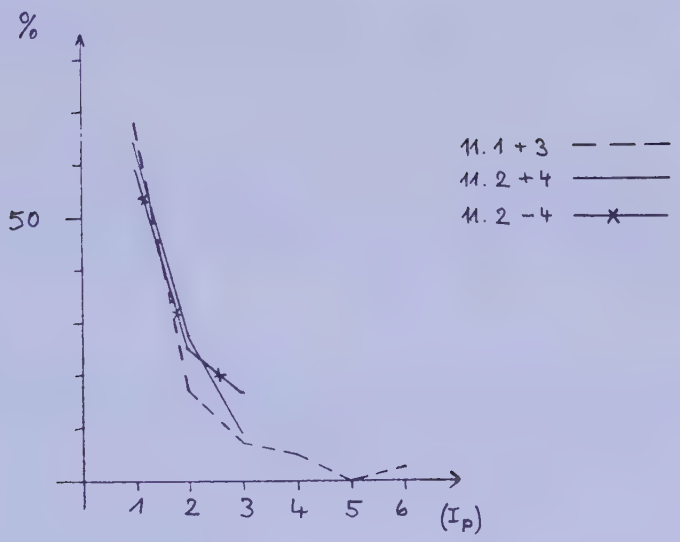


Diagramm 44



Erläuterung:

(11) 1 Frakturverhalten stabil (68 Fälle = 100 %)
2 Frakturverhalten ab (16 Fälle = 100 %)
3 Frakturverhalten zu (5 Fälle = 100 %)
4 Frakturverhalten andere (28 Fälle = 100 %)
1 + 3 Frakturverhalten stabil und zu (73 Fälle = 100 %)
2 + 4 Frakturverhalten ab und andere (44 Fälle = 100 %)
2 - 4 Frakturverhalten nicht stabil (49 Fälle = 100 %)

$I_a = I_s = I_p$ .1 = 1 und größer
2 = 0,9
3 = 0,8
4 = 0,7
5 = 0,6
6 = 0,5 und kleiner

Bei abnehmenden I_a- und I_s-Werten nehmen die Fälle mit stabilem Frakturverhalten (11.1/11.1 + 3) zu. Allerdings scheint dies nicht nur für diese Fälle zu gelten, sondern ein allgemeiner, auch nicht stabile Fälle betreffender Trend zu sein. Bei den I_p-Werten ist das Verhalten umgekehrt.

Schon Magnus (92) vertrat die Ansicht, der gestauchte Wirbelkörper bilde eine feste Masse. Und nach den Untersuchungen Plaues (120 - 128) ist ein frakturierter Wirbelkörper umso belastbarer, je mehr er ineinander gestaucht ist, je mehr also seine Vorderkante beim Trauma verkürzt wird.

Allerdings standen für die Auswertung insgesamt nur 51 Fälle zur Verfügung, von denen 39 Fälle auf die Gruppe 11.1 (Frakturverhalten "stabil") entfallen. In den anderen Gruppen (11.2/11.3/11.4) ist daher der aufgezeigte Trend mehr als zweifelhaft.

4.2.4.3.3. $(I_a)/(I_s) + (I_a)/(I_p) + (I_s)/(I_p)$

Tabelle 24

	(I_a) 1	2	3	4	5	6	Summen
(I_s) 1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	1	0	0	0	5
3	0	2	2	0	0	0	4
4	0	1	5	3	1	0	10
5	2	0	0	6	6	3	17
6	0	0	0	1	3	11	15
Summen	4	5	8	10	10	14	51

Tabelle 25

	(I_a) 1	2	3	4	5	6	Summen
(I_p) 1	4	5	6	10	3	6	34
2	0	0	1	0	6	3	10
3	0	0	1	0	1	2	4
4	0	0	0	0	0	2	2
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1
Summen	4	5	8	10	10	14	51

Tabelle 26

	(I_s) 1	2	3	4	5	6	Summen
(I_p) 1	0	4	4	8	10	8	34
2	0	0	0	2	4	4	10
3	0	1	0	0	3	0	4
4	0	0	0	0	0	2	2
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1
Summen	0	5	4	10	17	15	51

Erläuterung:

$I_a = I_s = I_p$ .1 = 1 und größer
2 = 0,9
3 = 0,8
4 = 0,7
5 = 0,6
6 = 0,5 und kleiner

Zwei Fälle mit I_a = 1,0 haben einen I_s von 0,6. Alle anderen Fälle finden sich gestreut um eine Diagonale durch die Tabelle. Die I_a-Werte sind also den I_s-Werten ähnlich.

Ein I_p kleiner als 1 tritt frühestens auf bei I_a = 0,8 (I_a.3) und dann erst wieder bei I_a = 0,6 (I_a.5).

Ein I_p unter 1,0 tritt in einem Fall auf bei I_s = 0,9 (I_s.2) und dann erst wieder bei I_s = 0,7 (I_s.4).

Auch hier wird abermals deutlich, daß eine Verkürzung der dorsalen Wirbelkörperkante (I_p) sehr selten ist. Die Ähnlichkeit der I_a- und I_s-Werte wird hierdurch erklärt.

Die Ähnlichkeit der I_a- und I_s-Werte zeigt zugleich, daß hiermit auf zwei verschiedenen Wegen gut vergleichbare Ergebnisse erzielt werden konnten.

4.2.4.4. Gegenüberstellungen entsprechend 4.1.4.7.

Der Vergleich der Fälle ohne Lähmungen mit üblicher Mobilisationsbehandlung (A) und der Fälle ohne Lähmungen mit früher Mobilisationsbehandlung (B) erbrachte keine Ergebnisse, die sich von den bisher dargestellten Ergebnissen unterscheiden. Auf ihre Darstellung kann daher verzichtet werden.

5. Diskussion der dargestellten Ergebnisse

5.1. Zur Darstellung des Gesamtbestandes

Statistische Angaben zum Patientengut finden sich in außerordentlich vielen Untersuchungen.

Zu den folgenden Parametern werden Arbeiten angegeben, die entsprechende Zahlenangaben enthalten, wobei diese Liste sicher unvollständig ist.

Soweit die jeweiligen Angaben mit den dargestellten zu vergleichen sind, sind die Unterschiede meist unerheblich und durch unterschiedliche Struktur und Anzahl der Fälle zu erklären.

Geschlecht (4): Faldini/Gianelli (39)
Alter beim Unfall (5): Faldini/Gianelli (39)
Querschnittslähmung (6): Faldini/Gianelli (39); Haumann (54); Ostapowicz (116); Wainstein (173); Westerborn/Olsson (179); Bilow/Pahl (11)
Lokalisation frakturierter Wirbel (7): Faldini/Gianelli (39); Ehalt/Titze (33); Bilow/Pahl (11); Gurlt (49); Haumann (54); Rehn (139)
Zusatzbefunde (8): Ehalt/Titze (33)
Art der Wirbelfraktur (9): Schulze (162)
Anzahl der Wirbelfrakturen (10): Guleke (48); Griffin (46)
Unfallhergang (12): Ehalt/Titze (33); Faldini/Gianelli (39)
Minderung der Erwerbsfähigkeit (22): Lang (78); Magnus (91, 92); Melzer et al. (102); Ostapowicz (116); Pitzke (119); Ruge (147)
Relative Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante (I): Titze (165)

Weiter finden sich allgemeine statistische Angaben bei Brack (18); Kunst/Voges (76); Lob (87); Nigst (114); Ostapowicz (116); Rehn (137); Ruge (147); Savastano (148); Serra (150).

Im Hinblick auf das Thema interessieren vor allem allerdings Arbeiten, die das morphologische Verhalten frakturierter Wirbelkörper bei funktioneller Behandlung untersuchen. Arbeiten, die sich mit dem morphologischen Verhalten frakturierter Wirbelkörper bei der Behandlung mit anderen konservativen oder operativen Verfahren beschäftigen, werden hier nicht berücksichtigt, wurden jedoch - soweit bekannt - in die Literaturliste aufgenommen (Breitenfelder (19); Eberle/Kaufmann (31); Erlacher/Povacz (36); Koneczny (71); Krueger/Scholze (74); McSweeney (98); Ruckstuhl (144); Ruckstuhl/Morscher (145); Savastano (148); Seligo (149); Schlag/Schwager (156); Trojan (168); Vogt (171); Witt (180); Zifko et al. (182); Zillmer (183); Schulze (162); Werner et al. (178); Leidholt et al.(80).

Arnold et al. (4) finden bei der Nachuntersuchung von 20 Fällen mit frühzeitiger funktioneller Behandlung 15 Fälle "stabil", 3 "zu" und 2 "ab". Bilow und Pahl (11) haben bei 89 Fällen 77 "stabile", 3 "zu" und 9 "ab" (hierbei handelt es sich um ein Vorergebnis der vorliegenden Arbeit, das nach einer Zwischenbilanz ohne EDV-Auswertung erstellt wurde). Melzer und Richter (101) finden bei 25 Fällen ebenso wie Solheim (153) bei 170 Fällen keine Nachsinterung. Schulze (162) gibt bei 40 Fällen an: 22 "stabil", 5 "zu", 13 "ab". Alle diese Ergebnisse stützen die experimentellen Ergebnisse von Plaue (128), der das Risiko der Sinterung bei der Mobilisationsbehandlung gering einschätzt bei Patienten bis zum 50. Lebensjahr.

5.2. Zum Vergleich des Gesamtbestandes mit ausgewählten Teilbeständen und zu den dargestellten Gegenüberstellungen

Aus praktischen Erwägungen heraus wurde auf eine strenge Trennung von Darstellung und Diskussion verzichtet (4.2.4.). Eine Wiederholung der vorangegangenen Überlegungen erscheint weder nötig noch sinnvoll.

In der Literatur fanden sich nur 4 Arbeiten, die in ähnlicher Weise Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern herstellen. Bilow und Pahl (11) - es handelt sich wiederum um die bereits erwähnten Vorergebnisse - stellen Querschnittslähmung (6)/Frakturverhalten (11) dar. Ostapowicz (116) untersucht den Zusammenhang zwischen Querschnittslähmung (6)/Minderung der Erwerbsfähigkeit (22). Lokalisation frakturierter Wirbel (7)/Frakturverhalten (11) untersuchen Leidholt et al.(80). Titze (165) untersucht den Zusammenhang zwischen relativer Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante (I) und dem Auftreten spondylotischer Erscheinungen.

Die in den drei letztgenannten Arbeiten untersuchten Korrelationen sind in der vorliegenden Arbeit nicht geprüft worden.

Die unter 4.2.3. und 4.2.4. in Auswahl dargestellten Ergebnisse erscheinen bisher eher verwirrend als aussagekräftig. Daher wird im Folgenden versucht, die Ergebnisse in eine sinnvolle Ordnung zu bringen.

Die Parameter des Fragebogens lassen sich in verschiedene Gruppen zusammenfassen. Es ergibt sich als mögliche Gliederung in Anlehnung an den Aufbau eines Krankenblattes folgendes:

1. Parameter zur Vorgeschichte
    1. Unfallhergang (12)
    2. Unfallort (13)
2. Parameter zum Befund
    1. Geschlecht (4)
    2. Alter beim Unfall (5)
3. Parameter zur Diagnose
    1. Querschnittslähmung (6)
    2. Gemessener Wirbel (7)
    3. Zusatzbefunde (8)
    4. Art der Wirbelfraktur (9)
    5. Anzahl der Wirbelfrakturen (10)
    6. Indices (I)
4. Parameter zur Therapie
    1. Aufnahmetag (14)
    2. Gymnastik (nur Querschnittslähmung) (15)
    3. Aufrichtung (nur Querschnittslähmung) (16)
    4. Gehschule (nur Querschnittslähmung) (17)
    5. Aufstehen (nur ohne Querschnittslähmung) (18)
    6. Entlassung (ohne Querschnittslähmung) (19)
    7. Entlassung (mit Querschnittslähmung) (20)
    8. Arbeitsfähig (21)
5. Parameter zur Prognose und Epikrise
    1. Frakturverhalten (11)
    2. Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) (22)
    3. MdE festgestellt (23)
    4. Vorhandene Röntgenaufnahmen (24)
    5. Auswertbare Röntgenaufnahmen (25)
    6. Verwendete Röntgenaufnahmen (26)
    7. Röntgenaufnahme 1 angefertigt (27)

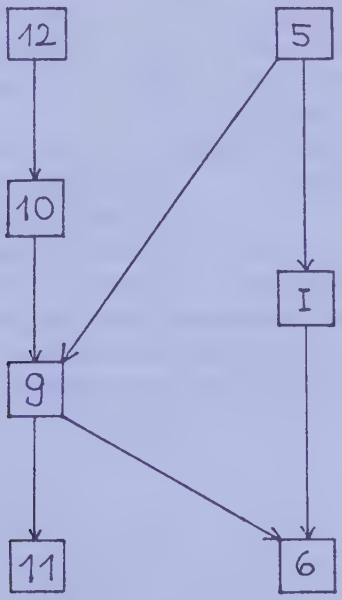
8. Röntgenaufnahme 2 angefertigt (28)
9. Röntgenaufnahme 3 angefertigt (29)
10. Röntgenaufnahme 4 angefertigt (30)
11. Messungen (31 ff.)

Nicht alle Parameter haben sich als aussagekräftig erwiesen. Es bleiben nach kritischer Sichtung folgende Parameter übrig:

1.1 Unfallhergang (12)
2.2 Alter beim Unfall (5)
3.1 Querschnittslähmung (6)
3.4 Art der Wirbelfraktur (9)
3.5 Anzahl der Wirbelfrakturen (10)
3.6 Indices (I)
5.1 Frakturverhalten (11)

Die Beziehungen dieser 7 Parameter zueinander lassen sich in einem einfachen Schema darstellen:

Diagramm 45



Es zeigt sich, daß das morphologische Verhalten des frakturierten Wirbelkörpers bei funktioneller Behandlung abhängig ist von den Parametern

Patientenalter (5),
Art der Wirbelfraktur (9),
Anzahl der Wirbelfrakturen (10) und
Unfallhergang (12).

Dabei kommt der Art der Wirbelfraktur (9) eine zentrale Stellung zu. Reine Keilwirbel (9.1) und Deckplatteneinbrüche (9.3) bilden hierbei für sekundäre Sinterungsvorgänge weniger ein Risiko, als gerade Vorderkantenabscherungen (9.2) oder kompliziertere Frakturformen (9.4) (4.2.4.2.10.). Welche dieser Frakturformen auftritt, hängt ab vom Unfallhergang und dem Alter des Patienten beim Unfall.

Mit steigendem Alter kommt es zu einer Zunahme der Deckplatteneinbrüche (9.3) einerseits (4.2.4.2.2.), andererseits zu einer stärkeren Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante (I) (4.2.4.3.1.).

Eine starke Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante bedeutet aber nur, daß die Keilform des Wirbelkörpers besonders ausgeprägt ist. Eine Vorderkantenabscherung ist hiervon jedoch unabhängig. Daher ist auch bei älteren Patienten das Frakturverhalten nicht verändert (4.2.4.2.4.).

Vorderkantenabscherungen treten besonders oft auf beim Sturz aus großer Höhe und beim Fall aufs/ins Kreuz. In diesen Fällen führt der besondere Frakturmechanismus zur Vorderkantenabscherung (4.2.4.2.11.). Serienfrakturen und komplizierte Frakturformen zeigen aber ein erheblich unstabiles Frakturverhalten (4.2.4.2.10./ /4.2.4.2.12.).

Das Auftreten von Lähmungen beeinflußt das Frakturverhalten nicht (4.2.4.2.7.). Zwar ist bei Fällen mit Lähmungen die Keilform stärker ausgeprägt (4.2.3.3.) Ein erhöhtes Risiko zur Nachsinterung ist hieraus jedoch nicht abzuleiten (4.2.4.3.2.).

Der Einbruch der Deckplatten ist für das Auftreten von Lähmungen von nachgeordneter Bedeutung (4.2.4.2.5.).

Vorderkantenabscherungen finden sich bei Fällen mit Lähmungen gehäuft (4.2.4.2.5.) Sie bilden zudem ein erhöhtes Risiko für Formveränderungen (4.2.4.2.10.). Im direkten Vergleich ist allerdings das Frakturverhalten von Patienten mit und ohne Lähmungen gleich (4.2.4.2.7.).

Verknüpft man Einzelbefunde logisch miteinander, treten solch scheinbare Widersprüche häufiger auf. Sie erklären sich damit, daß in der Zuordnung der Fälle bei den Gegenüberstellungen nach 4.1.4.3. - 7. - z.B. nicht alle Vorderkantenabscherungen sintern, nicht alle Vorderkantenabscherungen werden von Lähmungen begleitet - Überschneidungen auftreten, die sich nicht ohne weiteres auflösen lassen.

Es kann aber eindeutig belegt werden, daß ein Sturz aus großer Höhe und ein Fall aufs/ins Kreuz häufig

Vorderkantenabscherungen (4.2.4.2.11.),
Lähmungen (4.2.4.2.8.) und
Nachsinterungen (4.2.4.2.14)

zur Folge hat. Zudem finden sich bei Vorderkantenabscherungen gehäuft

Lähmungen (4.2.4.2.5.) und
Nachsinterungen (4.2.4.2.10.).

Lähmungen und Nachsinterungen ergeben allerdings keinen Zusammenhang (4.2.4.2.7.). Diese Verknüpfung von Einzelbefunden scheint somit hinreichend gesichert.

Mit steigendem Patientenalter scheint das Auftreten von Lähmungen abzunehmen (4.2.4.2.1.). Zwar ist in höheren Patientenalter die Keilform ausgeprägter (4.2.4.3.1.), wobei eine ausgeprägte Keilform gerade bei Patienten mit Lähmungen häufig auftritt (4.2.3.3.). Doch ist auch dies mit Überschneidungen zu erklären, zumal die im Alter gehäuft auftretenden Deckplatteneinbrüche bei Patienten mit Lähmungen eher selten sind (4.2.4.2.2./4.2.4.2.5.).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Prognose des Frakturverhaltens (11) primär von der Morphologie des Wirbelkörpers (9) abhängt. Das Ausmaß der Verletzung des Bewegungssegments drückt sich hierin aus. Verletzungen des Rückenmarks (6) spielen für die Prognose nur eine untergeordnete Rolle.

Die Morphologie des Wirbelkörpers (9) hängt jedoch ab vom Unfallhergang (12) und vom Patientenalter (5). Das Auftreten von Serienfrakturen (10) weist dabei auf ein besonders heftiges Trauma hin.

Ob die Verkürzung der Wirbelkörpervorderkante (I) einen Einfluß auf das Frakturverhalten (11) hat, ließ sich aus dem vorliegenden Material nicht sicher belegen.

Seit der umfassenden Arbeit von Lob (87) ist man über die Pathologie des Wirbelbruches im wesentlichen einig. Das Ausmaß der Verletzung des Bewegungssegmentes wird zum bestimmenden Faktor für das Verhalten des Wirbelkörpers nach dem Trauma. Der

Anfangszustand der Fraktur ist prädisponierender Faktor für mögliche Sinterungen (Nicoll, 113).

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen deuten allerdings darauf-hin, daß posttraumatische Sinterungsvorgänge selten sind. Schon Magnus (92) vertrat die Ansicht, der gestauchte Wirbelkörper bilde eine feste Masse. Die Experimente von Göcke (43 - 45), die Arbeit von Ettore (37) und später die Untersuchungen von Plaue (120 - 125) lassen ebenfalls erwarten, daß in der überwiegenden Anzahl der Fälle ein Wirbelkörper in dem durch das Trauma erworbenen Zustand verharrt. Da die Knochenheilung beim Paraplegiker nicht verändert ist (Beneš, 10), gilt dies auch für Fälle mit Lähmungen.

Nach der Arbeit von Derlath (30), den Versuchen von Plaue (121, 125 - 128) und den Untersuchungen von Rehn (138) und Landoff (77) war zu erwarten, daß gerade ältere Patienten für Nachsinterungen anfällig sind. Diese Erwartung wird durch die vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt. Zwar kommt es bei älteren Patienten öfter zu einer besonders ausgeprägten Keilform des frakturierten Wirbelkörpers, häufig verbunden mit Einbrüchen der Deckplatte. Seine Tragfähigkeit in der "sekundären Druckanstiegsphase" (Lob, 87/Plaue, 120) bleibt hiervon unbeeinflußt.

Das Ausmaß der Verletzung des Bewegungssegmentes ist natürlich abhängig von der Wucht des Traumas. Rehn (138), Memmi (103), Landoff (77) und Nicoll (113) bestätigen dies.

Allerdings ist das Ausmaß der Verletzung des Bewegungssegmentes weder durch die Anamnese noch durch die Befunde sicher vorherzusagen, und damit kann das Risiko einer Nachsinterung nur abgeschätzt werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß die Gefahr nachträglicher Sinterung gering erscheint (siehe 4.2.2.7. und 4.2.4.1.). Das allgemein geforderte Training der Bauch- und Rückenmuskulatur - siehe 3.6 - führt damit zumindest zur muskulären Sicherung der verletzten Wirbelsäule. Eine Verbesserung des bestehenden Zustandes ist eher zu erwarten als eine Verschlechterung. Denn die Tragfähigkeit des frakturierten Wirbelkörpers in der "sekundären Druckanstiegsphase" (Lob, 87/ Plaue, 120) reicht auch bei älteren Patienten offensichtlich aus, einer Nachsinterung entgegenzuwirken, die durch Krankengymnastik ausgelöst werden könnte.

Beim Vergleich der Fälle ohne Lähmungen mit üblicher und der mit frühzeitiger Mobilisation entsprechend 4.1.4.7. ergaben sich keine Unterschiede in den Ergebnissen (4.2.4.4.). Leider ließ sich ein entsprechender Vergleich bei Fällen mit Lähmungen nicht durchführen, weil im Patientengut Fälle mit Lähmungen bei Frühmobilisationsbehandlung nicht enthalten sind. Nach 4.2.4.2.7. besteht jedoch auch bei Patienten mit Lähmungen keine erhöhte Gefahr sekundärer Formveränderung.

Damit erscheint gerade eine frühzeitige funktionelle Behandlung problemlos, wie sie u.a. beschrieben und propagiert wird von Andersen et al. (2); Arnold et al. (4); Bäuerle (7); Ehlert (34, 35); Melzer et al. (101, 102); Solheim (153) und Veen et al. (169) sowie bei Paraplegikern u.a. von Meinecke (99). Allerdings ist bei schwerem Unfallhergang, dem Auftreten von mehr als einer Wirbelfaktur und komplizierteren Formen der Wirbelfraktur als Ausdruck der Beteiligung des gesamten Bewegungssementes Vorsicht geboten.

6. Zusammenfassung

1. 117 Fälle mit 139 Wirbelkörperfrakturen der Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule mit und ohne neurologische Erscheinungen, die zwischen März 1971 und September 1976 in der Berufsgenossenschaflichen Unfallklinik Tübingen behandelt wurden, werden mit Hilfe eines EDV-Programmes auf Faktoren untersucht, die geeignet erscheinen, morphologische Veränderungen an frakturierten Wirbelkörpern zu beeinflussen.

2. Posttraumatische morphologische Veränderungen (= sekundäre Sinterungen) der Wirbelkörperfrakturen sind abhängig von
   a) dem Unfallhergang,
   b) dem durch das Trauma bestimmten Zustand des frakturierten Wirbelkörpers zu Beginn der Behandlung und
   c) der Anzahl der durch das Trauma hervorgerufenen Wirbelkörperfrakturen.

3. Kein Einfluß wird ausgeübt
   a) durch das Patientenalter und
   b) durch begleitende Verletzungen des Rückenmarks.

4. Ein Zusammenhang zwischen sekundärer Sinterung und
   a) der Verkürzung der ventralen Wirbelkörperkante sowie
   b) der durchgeführten Therapie als auch
   c) den hier nicht mehr aufgeführten, sonstigen untersuchten Parametern

läßt sich nicht sicher belegen. Die Auslösung solcher Nachsinterungen hierdurch erscheint allerdings unwahrscheinlich.

5. Eine Sinterung des Wirbelkörpers wird nur in 16 Fällen (= 13,7 %) beobachtet, 28 Fälle (= 23,9 %) erlauben keine eindeutige Aussage, 68 Fälle (= 58,1 %) ändern ihren durch das Trauma erzeugten morphologischen Zustand nicht mehr. 5 Fälle (= 4,3 %) richten sich sogar auf.

6. Funktionelle Behandlung ist auch bei frühzeitiger Mobilisation der Patienten problemlos, wenn die unter 6.2 aufgezählten Risikofaktoren beachtet werden.

7. Literaturverzeichnis

1 ADLER, E.: Spine injuries during the Six-Day War. Paraplegia 7, 28-33 (Mai 1969)

2 ANDERSEN, P.T. and HORLYCK, E.: Fracture of the spine. Follow-up on a material treated by early mobilization. Acta orthop.scand. 40, 653-63 (1969)

3 APLEY, A.G.: Fractures of the spine. Ann.roy.Coll.Surg.Engl. 46, 210-23 (April 1970)

4 ARNOLD, K., DZIKONSKI, G., SCHUMACHER, D. und STIMMEL, M.: Beitrag zur frühzeitigen funktionellen Behandlung von Wirbelkompressionsfrakturen. Zbl.Chir. 99, 1268-71 (4.Okt.1974)

5 AUFDERMAUR, M.: Die Heilungsvorgänge nach Verletzungen von Knochen und Weichteilen der Wirbelsäule, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 40, 148-157 (1968)

6 BÄCKER, W.: Wirbelfraktur bei Tetanus. Bruns' Beitr. klin.Chir. 138, 555-58 (1927)

7 BÄUERLE, E.: Die Behandlung von Wirbelfrakturen ohne neurologische Symptomatik. Therapiewoche 26, 5489-95 (1976)

8 BECK, E.: Röntgenologische Meßmethoden bei Wirbelbrüchen. Hefte Unfallheilk. 108, 36-37 (1971)

9 BELL, M.: Hang gliding injuries. A preliminary report. Injury 7, 292-4 (Mai 1976)

10 BENEŠ, V.: Zur Verteidigung der richtigen Operation bei Rückenmarkverletzungen, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 42, 85-87 (1969)

11 BILOW, H. und PAHL, H.: Posttraumatische Formveränderungen bei Kompressionsfrakturen an der Brust- und Lendenwirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 129, 276-78 (1977)

12 BILOW, H. und WELLER, S.: Posttraumatische Veränderungen nach Wirbelsäulenverletzungen und ihre Begutachtung. Chirurg 48, 513-15 (1977)

13 BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Bd. I, 12. u. 13. Aufl. 1951. Maudrich, Wien

14 BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Ergänzungsband. Maudrich, Wien 1965

15 BOEHLER, L.: Konservative Behandlung von Brüchen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Z.Unfallmed.Berufskr. 65, 100-4 (1972)

16 BOEHLER, L.: Übungsbehandlung von Wirbelbrüchen. Hefte Unfallheilk. 108, 60-63 (1971)

17 BOENIG, H. und BERTOLINI, R.: Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen. 10. Aufl. Thieme, Leipzig 1971

18 BRACK, E.: Über Anatomie und Theorie tödlicher Wirbelsäulentraumen. Dtsch.Z.Chir. 221, 350-62 (1929)

19 BREITENFELDER, J.: Beitrag zur Frage der Behandlung von Wirbelkörperfrakturen ohne neurologische Symptome. Z.Orthop. 110, 116-20 (Febr. 1972)

20 BRÜCKNER, R.: Nachuntersuchungsergebnisse nach Wirbelfrakturen. Zbl.Chir. 87, 1925-33 (1962)

21 BUCKWALTER, J.A., COOPER, R.R. and MAYNARD, J.A.: Elastic Fibers in Human Intervertebral Discs. J.Bone Jt.Surg. 58 A, 73-75 (1976)

22 BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Behandlung und Wiedereingliederung Wirbelverletzter. Berufsgenossenschaftstag 1959

23 BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Funktionelle Wirbelbruchbehandlung oder Böhlersche Wirbelbruchaufrichtung? 64.Tagung Dtsch.Ges.Chir., Berlin 1940, Zbl.Chir. 67, 773 (1940)

24 BURGES, C.M. and WAITE, V.C.: Practical treatment of uncomplicated compression fractures of the vertebrae; preliminary report.Amer.J.Surg. 81, 689-94 (1951)

25 CAMPANACCI, M., CENNI, F. e MANZONI, A.: Fratture vertebrali, I. Fratture toraco-lombari. Chir.Organi Mov. 52, 439-53 (1963)

26 CRAMER, A.: Funktionelle Merkmale statischer Störungen im Röntgenbild der Wirbelsäule, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 1, 72-82 (1956)

27 CURTISS jr., P., CLARK, W. and HERNDON, C.: Vertebral fractures resulting from prolonged cortisone and corticotropic theorapy. J.Amer.med.Ass. 156, 467-69 (1954)

28 DEBRUNNER, U.: Orthopädisches Diagnostikum. Thieme, Stuttgart 1973

29 DECOULX, P. Les fractures du rachis dorso-lombaires sans troubles nerveux.Rev.Chir.orthop. 44, 254--322 (1958)

30 DERLATH, M.: Untersuchungen über die Spongiosaarchitektur des Wirbelkörpers. Ärztl.Forsch. 12, 309-18 (1958)

31 EBERLE, H., und KAUFMANN, L.: Unsere Erfahrungen mit dem 3-Punkte-Korsett bei der Behandlung frischer thorakolumbaler Wirbelkörperkompressionsfrakturen. Hefte Unfallheilk. 108, 96-99 (1971)

32 EHALT, W.: Wirbelbrüche bei Kindern und operative Behandlung der Wirbelbrüche. Z. Orthop. 93, 388--89 (1960)

33 EHALT W. und TITZE, A.: Behandlung von Querschnittsgelähmten. Chirurg 28, 269-279/319-327 (1957)

34 EHLERT, H.: Zur Behandlung der Wirbelbrüche. Mschr.Unfallheilk. 69, 109-12 (1966)

35 EHLERT, H.: Zur Behandlung von Wirbelfrakturen. Münch.med. Wschr. 115, 1315-17 (20.7.1973)

36 ERLACHER, G. und POVACZ, F.: Wirbelbrüche bei Kindern. Hefte Unfallheilk. 108, 124-27 (1971)

37 ETTORE, E.: Künstlich erzeugte Wirbelbrüche. Chirurg 3, 939 (1931)

38 EVANS, F.R., LISSNER, H.R. and PATRICK, L.M.: Accelaration-induced strains in the intact vertebral column. J.appl.Physiol. 17, 405-409 (1962)

39 FALDINI, G. und GIANELLI, A.M.: Klinisch-statistische Betrachtungen über 199 Wirbelsäulenbrüche. Ref. Zentr.-Org.ges.Chir. 60, 697-98 (1933)

40 FOLLMER, B.: Wirbelfrakturen bei Tetanuserkrankung. Zbl. Chir. 77, 411 (1952)

41 GIEBEL, M.G.: Die stabile und die instabile Heilung von Wirbelsäulenverletzungen, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 40, 158-61 (1968)

42 GLORIEUX, P.: La physiologie pathologique et les diverses formes des fractures de la colonne. Fortschr. Röntgenstr. 53, 422-34 (1936)

43 GOECKE, C.: Beiträge zur Druckfestigkeit des spongiösen Knochens. Bruns' Beitr.klin.Chir. 143, 539-66 (1928)

44 GOECKE, C.: Das Verhalten spongiösen Knochens im Druck- und Schlagversuch. Verh.dtsch.orthop.Ges. 20.Kongreß 1925. 21/47, 114-129 (1926)

45 GOECKE, C.: Traumatische Wirbelumformung im Versuch. Hefte Unfallheilk. 8, 136-42 (1931)

46 GRIFFIN, C.R.: Proceedings: Problems of ejection from aircraft. Spinal ejection injuries. Proc.roy.Soc. Med. 68, 722-23 (Nov. 1975)

47 GRUNDMANN, G.: Knochenbrüche und Verrenkungen im Krampfanfall. Ergebn.Chir.Orthop. 41, 145-202 (1958)

48 GULEKE, M.: Über doppelte Wirbelsäulenbrüche. Zbl.Chir. 56, 1909 (1929)

49 GURLT, E.: Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen. Meidinger, Frankfurt 1860

50 GUTTMANN, L.: Behandlung und Rehabilitation bei Rückenmarksläsionen. Schweiz.med.Wschr. 88, 511--15/539-42 (1958)

51 GUTTMANN, L.: Fehler und Gefahren bei der Frühbehandlung der traumatischen Querschnittslähmung. Langenbecks Arch.klin.Chir. 298, 184-95 (1961)

52 GUTTMANN, L.: Zur Problematik der Wirbelsäulenfrakturen bei Querschnittsläsionen des Rückenmarks. Z. Orthop. 112, 910-18 (Aug.1974)

53 GUTTMANN, L.: 20 Jahre Rehabilitationsarbeit an Querschnittsgelähmten. Münch.med.Wschr. 106, 1375-85 (1964)

54 HAUMANN, W.: Wirbelbrüche und ihre Endergebnisse. Enke, Stuttgart 1930

55 HEURITSCH, J.: Das Wirbelrohr. Aufbau, Funktion und Bruchform. Arch.orthop.Unfall-Chir. 35, 330-46 (1935)

56 HINZ, P.: Traktionsfrakturen von Wirbelkörpern. Z. Orthop. 112, 881-83 (1974)

57 HOLDSWORTH, F.W.: Diagnosis and treatment of fractures of the spine. Manitoba med.Rev. 48, 13-15 (Jan. 1968)

58 HOLDSWORTH, F.: Fractures, dislocation and fracture-dislocations of the spine. J.Bone Jt.Surg. 52, 1534-51 (Dez.1970)

59 HOPF, A.: Die Verletzungen der Wirbelsäule, in: Handbuch der Orthopädie. Bd. II. Thieme, Stuttgart 1958

60 HOWLAND, W.J., CURRY, L.and BUFFINGTON, C.B.: Fulcrum fractures of the lumbar spine. J.Amer.med. Ass. 193, 240-41 (1965)

61 HUBBARD, D.D.: Fractures of the dorsal and lumbar spine. Orthop.Clin.North Am. 7, 605-14 (Juli 1976)

62 HUKE, B.: Der Einfluß kindlicher Wirbelfrakturen auf die Formung der Wirbelsäule. Orthop.Praxis 10, 624-26 (1974)

63 HUKE, B.: Die kindliche Wirbelsäulenverletzung und ihr Spätzustand. Z.Orthop. 112, 930-32 (Aug.1974)

64 JACOBI, H.: Messungen der Brust- und oberen Lendenwirbelsäule unter Berücksichtigung der Veränderungen an Bandscheiben und Wirbelkörpern. Beitr.path.Anat. 78, 303-14 (1927)

65 JANIKIAN, V.M.: Kompressionye Perelomy Pozvonkov u dete`i. Vestn.Khir. 11, 79-83 (Juli 1976)

66 JEONG, Y.G. and CACCAMO, L.P.: Letter: A complication of cardiac resuscitation. Amer.Heart J. 90, 680 (Nov. 1975)

67 JUNGE, H.: Wirbelbrüche, in: Knochenbrüche und Verrenkungen, hrsg.v. R. WANKE, R.MAATZ, H.JUNGE und W.LENTZ, Urban & Schwarzenberg, München 1962

68 JUNGHANNS, H.: Die Randleisten der Wirbelkörper ("Wirbelkörperepiphysen") im Röntgenbild. Fortschr.Röntgenstr. 42, 333-42 (1930)

69 KELLY, R.P. and WHITESIDES jr., T.E.: Treatment of Lumbodorsal Fracture-Dislocations. Ann.Surg. 167, 705--16 (1968)

70 KLAPP, F., HERTEL, P. MÜLLER, B. und HERRMANN, H.-D.: Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg 48, 498-505 (1977)

71 KONECZNY, O.: Auswertung und Dokumentation traumatischer belsäulenschäden. Hefte Unfallheilk. 90, 33-72 (1967)

72 KRAUSE, G.: Fractures of the vertebrae following metrazol therapy. Radiology 36, 725-30 (1941)

73 KROUPA, J.: Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen im Forschungsinstitut für Traumatologie (Brünn) in 30 Jahren. Hefte Unfallheilk. 108, 104-9 (1971)

74 KRUEGER, P. und SCHOLZE, H.: Unsere Erfahrungen bei der Behandlung von Wirbelverletzungen mit inkompletten Querschnittslähmungen. Hefte Unfallheilk. 108, 109-12 (1971)

75 KUHLMANN, R. und WIGAND, W.: Wirbelfrakturen bei eklamptischen Anfällen. Zbl.Gynäk. 82, 536-38 (1960)

76 KUNST, H. und VOGES, B.: Ursachen, Prognose, Letalität und Behandlung traumatischer Querschnittslähmungen. Lebensversicher.-Med. 29, 19-25 (1977)

77 LANDOFF, G.A.: Vertebral fractures in insured and uninsured patients. Acta orthop.scand. Suppl. 13

78 LANG, F.: Statistik der Wirbelbrüche. Z.Unfallmed. Berufskr. 42, 34-43 (1949)

79 LEIDHOLT, J.D.: Spinal injuries in athletes: Be Prepared. Orthop.Clin.North Am. 4, 691-707 (Juli 1973)

80 LEIDHOLT, J.D., YOUNG, J.J., HAHN, H.R., JACKSON, R.E., GAMBLE, W.E. and MILES, J.S.: Evaluation of late spinal deformities with fracture-dislocations of the dorsal and lumbar spine in paraplegics. Paraplegia 7, 16-28 (Mai 1969)

81 LIECHTI, A.: Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule und ihre Grundlagen. 2.Aufl. Springer, Wien 1948

82 LOB, A.: Anmerkungen zum Thema Wirbelsäulenverletzungen. Med.Klin. 46, 948-50 (1951)

83 LOB, A.: Ausheilungsvorgänge der Wirbelverletzungen. Zbl.Chir. 67, 262 (1940)

84 LOB, A.: Das Röntgenbild und seine pathologisch-anatomischen Unterlagen bei der Ausheilung von Wirbelverletzungen. Fortschr. Röntgenstr. 60, 199 (1939), Chirurg 12, 61 (1940)

85 LOB, A.: Die Ausheilungsvorgänge am Wirbelbruch. Bericht VIII. Internat.Kongr.Unfallmed.Berufskrankh. Frankfurt 1938. 2, 781 (1939) Thieme, Leipzig

86 LOB, A.: Die Ausheilungsvorgänge am Wirbelbruch unter Berücksichtigung der Frage der traumatischen Spondylosis deformans. Dtsch.Z.Chir. 248, 452-66 (1937)

87 LOB, A.: Die Wirbelsäulenverletzungen und ihre Ausheilung. Pathologische Anatomie, Klinik, Röntgendiagnostik, Begutachtungs- und Zusammenhangsfragen. 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 1954

88 LOTH, F.: Die Spezifik der Kompressionswirbelbrüche bei Kindern. Hefte Unfallheilk. 108, 127-28 (1971)

89 MAGNUS, G.: Die Behandlung und Begutachtung des Wirbelbruches. Arch.orthop.Unfall-Chir. 29, 277-83 (1931)

90 MAGNUS, G.: Die Wirbelsäule, in: KÖNIG, F. und MAGNUS, G., Handbuch der gesamten Unfallheilk. Bd. IV. Enke, Stuttgart 1934

91 MAGNUS, G.: Indikation, Kontraindikation in der Frakturbehandlung. Chirurg 5, 390-92 (1933)

92 MAGNUS, G.: Spätfolgen und Anpassungen traumatischer Läsionen der Wirbelsäule. Ref.Zentr.-Org.ges.Chir. 61, 355-58 (1933)

93 MAGNUS, G.: Verletzungen der Wirbelsäule. Vereinsbl.pfälz. Ärzte 45, 24 (1933)

94 MAKOWSKY, L.: Untersuchungen über den Wasserhaushalt des Gelenkknorpels und der Bandscheiben und seine Beziehungen zur Arthrosis und Spondylosis deformans. Ärztl.Forsch. 1, 77-78 (1947)

95 MALLET-GUY, P.: Résultats de dix-neuf réductions de fractures du rachis dorsolombaires selon la technique de Böhler. Fractures récentes et fractures anciennes. Lyon chir. 33, 606-17 (1936)

96 MARTIN, R. und SALLER, K.: Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende. 3. Aufl. Fischer, Stuttgart 1966

97 [illegible], [illegible] und [illegible], W.: Unfallverletzungen und Wirbelverletzung – Katametastische röntgenologische Untersuchung. Hefte Unfallheilk. 108, 13–29 (1971)

98 [illegible], T.: Acute [illegible] after acute cord injury. Paraplegia 6, 212–21 (Febr. 1969)

99 [illegible], F.-W.: Zur Frage der konservativen und operativen Frühbehandlung bei traumatischen Paraplegien, mit besonderer Berücksichtigung der Technik. Hefte Unfallheilk. 92, 77–87 (1968)

100 [illegible], E.: Beckenringsprengungen vor Wirbelfrakturen. Wien. Z. f. d. 32, 1724–28 (28. Oktober 1967)

101 [illegible], E. und [illegible], F.: Zur frühoperativen instrumentellen Behandlung von Wirbelfrakturen. Beitr. Orthop. Traum. 16, 59–62 (Febr. 1969)

102 [illegible], E., [illegible], K. und [illegible], T.: Sofortergebnisse der frühoperativen instrumentellen Behandlung von Wirbelfrakturen. Dtsch. Z. f. d. 99, 1124–27 (18. Oktober 1974)

103 [illegible], F.: Über die Verletzungen der Wirbelkörper und des Zwischenknorpelgelenkes. Ref. Zentr.-Org.ges.Chir. 77, 419 (1936)

104 [illegible], E.: Paraplegia fracture of the spine with therapy of choice necessities. Acta Orthop. Belg. 28, 1095 (1964)

105 [illegible], A.J., [illegible], W.M. and [illegible], L.: Asymptomatic vertebral fractures in epilepsy. J.nerv.ment.Dis. 94, 309–23 (1941)

106 [illegible], A.: Lumbar intradiscal pressure. Acta orthop.scand. Suppl. 43 (1960)

107 [illegible], A.: In vivo measurements of lumbar disc pressure and mobility. Some differences in stress distribution between normal and degenerated discs. Acta orthop.scand. 36, 418–34 (1965)

108 [illegible], A.: Measurement of intradiscal pressure. Acta orthop.scand. 28, 269–85 (1959)

109 NACHEMSON, A.: The effect of forward leaning on lumbar intradiscal pressure. Acta orthop.scand. 35, 314--28 (1965)

110 NAGY, G.: Über Gibbusbildung bei Tetanus. Z.klin.Med. 127, 434-37 (1934)

111 NAUCK, E.Th.: Die Entwicklung der Gestalt der Brust- und der Lendenwirbelkörper. Morph. Jb. 83, 601--41 (1939)

112 NICOLL, M.E.A.: Closed Fractures of the Spine. 4. Int. Kongr. orthop.Chir.Traum., Int.Ges.orthop.Chir. Traum., Amsterdam 1948, S. 325-52

113 NICOLL, M.E.A.: Fractures of the dorso-lumbar spine. J.Bone Jt.Surg. 31 B, 376-94 (1949)

114 NIGST, H.: Spezielle Frakturen- und Luxationslehre. Bd. I/2. Wirbelsäule, Tetra- und Paraplegie, Becken. Thieme, Stuttgart 1972

115 ODE, A.: Wirbelkörperkompressionen durch Tetanus. Z. Orthop. 80, 233-37 (1951)

116 OSTAPOWICZ, G.: Rückenmarkbeteiligung bei Wirbelsäulenverletzung. Hefte Unfallheilk. 66, 121-127 (1961)

117 PALME, E. und JANECEK, M.: Wirbelsäulenfraktur bei Spondylarthritis ankylopoetica. Beitr.Orthop. Traum. 19, 34-38 (Jan.1972)

118 PERLMUTTER, I.: Common spinal injuries - Diagnosis and treatment. Med.Tms.(N.Y.) 96, 649-60 (Juni 1968)

119 PITZKE, K.F.: Verfahren und Ergebnisse der Wirbelbruchbehandlung. Auswertung einer das gesamte Bundesgebiet umfassenden Krankenhausumfrage unter besonderer Berücksichtigung der von Magnus und Böhler angegebenen Behandlungsverfahren. München 1958

120 PLAUE, R.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 1. Mitteilung: Kompressionsversuche an mazerierten Wirbelkörpern. Z.Orthop. 110, 159-66 (1972)

121 PLAUE, R.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 2. Mitteilung: Kompressionsversuche an frischen Leichenwirbeln. Z.Orthop. 110, 357-62 (1972)

122 PLAUE, R.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 3.Mitteilung: Untersuchungen über die mechanische Anisotropie der Wirbelspongiosa. Z.Orthop. 110, 582-86 (1972)

123 PLAUE, R., GERNER, H.J. und PUHL, W.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 4. Mitteilung: Untersuchungen über die Morphologie des Wirbelkompressionsbruches. Z.Orthop. 111, 139-46 (1973)

124 PLAUE, R. und GESCHE, E.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 5. Mitteilung: Dynamische Kompressionsversuche an Leichenwirbeln. Z.Orthop. 112, 427-32 (1974)

125 PLAUE, R.: Das Frakturverhalten von Brust- und Lendenwirbelkörpern. 6. Mitteilung: Diskussion eines theoretischen Frakturmodells. Z.Orthop. 112, 1071-77 (1974)

126 PLAUE, R.: Die Berücksichtigung altersabhängiger Strukturveränderungen bei der Wirbelbruchbehandlung. Hefte Unfallheilk. 121, 130-34 (1975)

127 PLAUE, R.: Die Mechanik des Wirbelkompressionsbruchs. Z.Orthop. 112, 870-72 (1974); Zbl.Chir. 98, 761-70 (1973)

128 PLAUE, R.: Experimentelle Untersuchungen zur funktionellen Wirbelbruchbehandlung. Mschr. Unfallheilk. 76, 395-402 (1973)

129 PLAUE, R.: Experimentelle Untersuchungen über die Grenzen der röntgenologischen Darstellung von Wirbelbrüchen. Arch.orthop.Unfall-Chir. 72, 343-49 (1972)

130 POVACZ, F.: Behandlungsergebnisse und Prognose von Wirbelbrüchen bei Kindern. Chirurg 40, 30-33 (Jan. 1969)

131 PRADER, A.: Die Entwicklung der Zwischenwirbelscheibe beim menschlichen Keimling. Acta anat. 3, 115-52 (1947)

132 PROBST, J.: Wirbelsäulenverletzungen der Kinder und Jugendlichen - Statistik, Diagnostik, Therapie, Rehabilitation. Rehabilitation 11, 209-19 (1972)

133 PÜSCHEL, J.: Der Wassergehalt normaler und degenerierter Zwischenwirbelscheiben. Beitr.path.Anat. 84, 123-30 (1930)

134 PUHL, W.: Diagnose und Therapie der Wirbelkörperfrakturen. Schriftenreihe Unfallmed.Tagungen der Landesverbände der Gewerblichen Berufsgenossenschaften 7, 159-70 (1969)

135 PUSCH, G.: Zur Frage der Wirbelkörperkompression durch Tetanus. Z.orthop.Chir. 48, 446-53 (1927)

136 RATHCKE, L.: Über Kalkablagerungen in den Zwischenwirbelscheiben. Fortschr.Röntgenstr. 46, 66-75 (1932)

137 REHN, J.: Beurteilung und Behandlung von Verletzungen der Wirbelsäule. Langenbecks Arch.klin.Chir. 322, 322-27 (1968)

138 REHN, J.: Die Frakturen der Wirbelsäule, ihre Diagnostik und Beurteilung. Röntgen-Bl. 21, 318-28 (1968)

139 REHN, J.: Die knöchernen Verletzungen der Wirbelsäule (Bedeutung des Erstbefundes für die spätere Begutachtung), in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg .) 40, 131-38 (1968)

140 RENNIE, W. and MITCHELL, N.: Flexion-Distraction Fractures of the Thoracolumbar Spine. J.Bone Jt.Surg. 55 A, 386-90 (1973)

141 ROBERTS, J.B. and CURTISS jr., P.H.: Stability of the thoracic and lumbar spine in traumatic paraplegia following fracture or fracture-dislocation. J. Bone Jt.Surg. 52, 1115-30 (Sept. 1970)

142 ROMPE, G. und KRAHL, H.: Sportschäden und Sportverletzungen. 1. Wirbelsäule und Becken. Z.Orthop. 110, 100-7 (Febr. 1972)

143 RUCKSTUHL, J.: Ambulante Behandlung stabiler Wirbelkörperfrakturen mit dem 3-Punkte-Korsett, Erfahrungen und Ergebnisse. Schweiz.med.Wschr. 104, 1064-69 (27. Juli 1974)

144 RUCKSTUHL, J.: Frühresultate der Behandlung von Wirbelkörperfrakturen mit dem sogenannten 3-Punkte-Korsett. Mschr. Unfallheilk. 75, 560-67 (Dez. 1972)

145 RUCKSTUHL, J. und MORSCHER, E.: Über die ambulante Behandlung von Wirbelkörperfrakturen mit dem sogenannten 3-Punkte-Korsett. Z.Unfallmed.Berufskr. 65, 105-10 (1972)

146 RUCKSTUHL, J., MORSCHER, E. und JANI, L.: Behandlung und Prognose von Wirbelfrakturen im Kindes- und Jugendalter. Chirurg 47, 458-67 (Aug.1976)

147 RUGE, E.: Die Wirbelsäule in der Unfallheilkunde. Hefte Unfallheilk. 18 (1934)

148 SAVASTANO, A.: Traumatic compression fractures of the dorsolumbar portion of the spine. J.int.Coll.Surg. 34, 93-101 (1960)

149 SELIGO, W.: Die konservative Behandlung der Verletzung der Brust- und Lendenwirbelsäule ohne Lähmungen. Chir.Praxis 16, 271-78 (1972)

150 SERRA, A.: Beobachtungen über Folgen von Verletzungen der Wirbelsäule. Ref. Zentr .-Org.ges.Chir. 61, 102-3 (1933)

151 SEYFARTH, H.: 120 Wirbelsäulenverletzungen (Frakturen) einschließlich der Spätergebnisse. Verh.dtsch. orthop.Ges. 47.Kongr. Beilageheft z.Orthop. 93, 372-77 (1960)

152 SEYSS, R.: Zur Biostatik nach Wirbelkörperbrüchen. Mschr. Unfallheilk. 71, 23-28 (1968)

153 SOLHEIM, K.: Spätergebnisse nach funktioneller Wirbelbruchbehandlung. Hefte Unfallheilk. 108, 99-104 (1971)

154 SONNENSCHEIN, A.: Die Wirbelbrüche beim Elektroschock. Klin.Wschr. 29, 498-503 (1951)

155 SONODA, T.: Studies of the strength for compression, tension, and torsion of the vertebral column. J. Kyoto Prefect.Med.Univ. 71, 659-702 (1962)

156 SCHLAG, G. und SCHWAGER, D.: Lendenwirbelfrakturen: Behandlung mit Reposition und Gipsverband und deren Ergebnisse. Hefte Unfallheilk. 108, 87-90 (1971)

157 SCHLÜTER, K.: Form und Struktur des normalen und des pathologisch veränderten Wirbels, Verh.dtsch.orthop. Ges. 47. Kongr. Beilageheft Z.Orthop. 93, 357-68 (1960)

158 SCHLÜTER, K.: Form und Struktur des normalen und des pathologisch veränderten Wirbels, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 30 (1965)

159 SCHMORL, G. und JUNGHANNS, H.: Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. 5. Aufl. Thieme, Stuttgart 1968

160 SCHOBERTH, H.: Die kompensatorische Rolle der Wirbelsäulenmuskulatur für die Rehabilitation der verletzten Wirbelsäule, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 40 (1968)

161 SCHÜMMELFEDER, W. u. N.: Lebensalter und Wasserhaushalt der Zwischenwirbelscheiben. Chirurg 20, 395-97 (1949)

162 SCHULZE, B.: Ergebnisse von 66 nach der Böhlerschen Methode aufgerichteten Wirbelbrüchen der Brust- und Lendenwirbelsäule ohne Lähmungen im Vergleich zu 50 nach der Methode von Magnus behandelten Brüchen. Bonn 1949

163 STENZEL, E.: Wirbelfraktur nach Perabrodil. Nervenarzt 24, 392-93 (1953)

164 STOFFT, E.: Das Ligamentum longitudinale posterius in funktionell-anatomischer Sicht, in: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Hippokrates (Stuttg.) 40, 96-103 (1968)

165 TITZE, A.: Kyphosen nach Wirbelbrüchen. Orthopäde 2, 173-77 (1973)

166 TÖNDURY, G.: Die Bedeutung der Chorda dorsalis für die Entwicklung der Wirbelsäule. Arch. Klaus-Stift.Vererb.-Forsch. 24, 237-46 (1949)

167 TÖNDURY, G.: Zur Entwicklung funktioneller Strukturen im Bereiche der Zwischenwirbelscheibe. Schweiz. med.Wschr. 77, 643-45 (1947)

168 TROJAN, E.: Langfristige Ergebnisse von 200 Wirbelbrüchen der Brust-Lendenwirbelsäule ohne Lähmung. Z. Unfallmed. Berufskrankh. 65, 122-34 (1972)

169 VEEN, H.F. en VAN DER SLIKKE, W.: Diagnostiek en Behandeling van stabiele Fracturen van de thoracolumbale Wervelkolom.Ned.T.Geneesk. 119, 1930-37 (6.Dez.1975)

170 VINZ, H.: Wirbelkörperbrüche bei Kindern. Ergebnisse einer Nachuntersuchung. Zbl.Chir. 90, 626-36 (1965)

171 VOGT, B.: Zur Behandlung der Kompressionsfrakturen der untersten Brustwirbel- und der Lendenwirbelsäule. Praxis 51, 515-16 (1962)

172 VOSS, H. und Herrlinger, R.: Taschenbuch der Anatomie. Band I. 14. Aufl. Fischer, Stuttgart 1971

173 WAINSTEIN, W.: Zur Behandlung der Wirbelkörperbrüche. Ref. Zentr.-Org.ges.Chir. 66, 282 (1934)

174 WALDEYER, A.: Anatomie des Menschen. Band I. 7. Aufl. de Gruyter, Berlin 1972

175 WATSON-JONES, R.: The results of postural reduction of fractures of the spine. J.Bone.Jt.Surg. 20, 567-86 (1938)

176 WEISS, M.: Wirbelbruch infolge Stoßens des fahrenden Autos. Med.Klin. 27, 127-28 (1931)

177 WELLER, S., KERN, E. und KUMMER, Ch.: Die knöchernen Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Mschr.Unfallheilk. 68, 239-43 (1965)

178 WERNER, B., WEHLING, H. und MATTHAES, P.: Vergleichende Nachuntersuchungsergebnisse aufgerichteter und konservativ behandelter Wirbelfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Bruns' Beitr.klin. Chir. 219, 735-43 (1972)

179 WESTERBORN, A. und OLSSON, O.: Mechanics, treatment and prognosis of fractures of the dorso-lumbar spine. Acta chir.scand. 102, 59-83 (1951)

180 WITT, A.: Klinik und Therapie der Wirbelsäulenverletzungen. Verh.dtsch.orthop.Ges. 47, 273-302 (1959)

181 WITWICKI, T., DULOWSKI, W., GORECKI, A. i CZARNECKI, A.: Odrebnosci zlaman kregoslupa u osob po 60 roku zycia. Chir. Narzad. Ruchu 41, 239-44 (1976)

182 ZIFKO, B., SCHOEDL, F. und HOLZMUELLER, H.: Die konservative Behandlung von Brustwirbelbrüchen. Hefte Unfallheilk. 108, 84-87 (1971)

183 ZILLMER, H.: Behandlungsergebnisse aufgerichteter Kompressionsfrakturen im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule. Mschr.Unfallheilk. 63, 224-38 (1960)

184 ZOLOTUCHIN, A.: Die Blutversorgung der menschlichen Wirbelsäule. Ref. Zentr.-Org.ges.Chir. 55, 339 (1931)

185 ZUKSCHWERDT, L.: Wirbelkompression bei Tetanus. Ref.Zbl.Chir. 55, 949 (1928)

Herrn Professor Dr. S. Weller danke ich dafür, daß ich die Arbeit in seiner Klinik durchführen konnte, für die Überlassung des Themas, sowie für die Erlaubnis, die EDV-Auswertung der erhobenen Daten bei der Hauptverwaltung der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie - Abt. ORG/EDV - vornehmen zu lassen.

Herrn Dr. H. Bilow danke ich für die vielen Anregungen während der Durchführung der Arbeit.

Herrn Fleck danke ich für die Ausarbeitung und Durchführung des EDV-Programms. Fräulein Schramm danke ich stellvertretend für alle Angestellten der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen für die Hilfe in allen technischen Fragen.

L e b e n s l a u f

Am 2. Mai 1949 wurde ich, Hans-Heinrich Pahl, als Sohn des damaligen Bilanzbuchhalters Heinrich Pahl und seiner Ehefrau Gertrud, geborene Schwarz, in Hameln geboren.

Ab Ostern 1956 besuchte ich in Goslar die Georgenbergschule und von 1960 an das Ratsgymnasium, an dem ich am 20. Juni 1968 im altsprachlichen Zweig die Reifeprüfung ablegte.

Von Juli 1968 bis Dezember 1969 leistete ich meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr.

Im Sommersemester 1970 begann ich das Studium der Biochemie an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Im Wintersemester 1971/72 erhielt ich die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der Philipps-Universität Marburg. Dort bestand ich auch die zahnärztliche Vorprüfung am 10. September 1973.

Das klinische Studium setzte ich wiederum in Tübingen fort. Am 1. Dezember 1977 bestand ich das Staatsexamen und erhielt meine Approbation.

Seit Februar 1977 bin ich als Assistenzzahnarzt in einer Praxis in Möglingen bei Ludwigsburg beschäftigt.